O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA INNIVOTSIYALAR VAZIRLIGI

ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

ISSIQLIK TEXNIKASI

laboratoriya ishlari to‘plami

USLUBIY QO‘LLANMASI



Toshkent – 2024

UDK 621.1.016.7

«Issiqlik texnikasi» fanidan laboratoriya ishi uslubiy qo‘llanmasi. Umarjonova F.SH., Xashimova F.A., Khazratov A. G., Yarashov S.K., Axmatova S.R. - Toshkent, ToshDTU, 2024, 60 bet.

Laboratoriya ishi uslubiy qo‘llanmasi “Issiqlik texnikasi” fanidan bosim va haroratni o‘lchash asboblari, issiqlik sig‘mi, nam havoning parametrlarini aniqlash, quvur va plastina shaklidagi izolatsion materiallarning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlash, havoning erkin harakatlanishida gorizontal va vertikal quvurning issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlash laboratoriya ishlari keltirildi.

60710500-Energetika va 60710900 - Energiya tejamkorligi va energoaudit va ta’lim yo‘nalishlari bakalavr ta‘lim yo‘nalishi talabalariga mo‘ljallangan.

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga binoan chop etildi. ___ yil -son bayonnoma

Taqrizchilar:

Anarbayev A.I.	O‘R FA Energetika muammolari instituti katta ilmiy xodimi, t.f.n.
Eshkuvatov L.M.	TDTU “Sanoat isiqlik energetikasi” kafedrasi mudiri, PhD, dotsent.

1 - laboratoriya ishi

BOSIM VA HARORATNI O‘LCHASH ASBOBLARI

I. BOSIMNI O‘LCHASH ASBOBLARINING TUZILISHI VA ISHLASH USULI

I. NAZARIY QISM

Bosim deb, birlik yuzaga tik ta‘sir etuvchi kuchni yuza birligiga bo‘lgan nisbati bilan o‘lchanadigan kattalikka aytiladi.

SI o‘lchov birliklar tizimiga asosan kuch Nyuton (1 N), yuza esa m^2 bo‘lgani uchun, bosim birligi 1 N/m^2 – bu birlik Paskal (1 Pa) deyiladi. 1 Pa unchalik katta bo‘lmagani uchun texnikada kPa va MPa ishlatiladi.

$$1 \text{ kPa (kilo paskal)} = 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ MPa (Mega paskal)} = 10^6 \text{ Pa.}$$

Bu birliklardan tashqari 1 bar = 10^5 Pa – bu bosim atmosfera bosimiga yaqin bo‘lgan bosimdir.

Bosim o‘lchashda suyuqlik (simob yoki suv) bilan to‘ldirgan suyuqlik manometrlarida bosim birligi mm sm ust. va mm suv ust.dir.

Bosim o‘lchov birliklaridan yana biri 1 kg kuch/sm^2 (kgs/sm^2) yoki boshqa ko‘rinishda quyidagicha yoziladi: kG/sm^2, bu 1 kG/sm^2 = 1 at bu texnik atmosfera deyiladi.

Bosim o‘lchov birliklari orasida quyidagicha bog‘lanish bor:

$$1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar} = 10{,}2 \text{ at};$$

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kgs/sm}^2 = 10^4 \text{ mm.suv ust.};$$

$$1\text{atm} = 101{,}325 \text{ kPa} = 760 \text{ mm sm.ust.} = 10333 \text{ mm suv ust.}$$

Fizik atmosfera (1 atm) 0 ^{0}C haroratda 760 mm sm.ust.-ga teng.

Bosim quyidagi turlarga bo‘linadi:

1. Atmosfera yoki barometrik bosim P_{bar} – bu atmosfera havosining bosimidir.
2. Ortiqcha bosim P_{ort}. – atmosfera bosimidan yuqori bo‘lgan bosimdir.

3. Vakuum (siyraklanish) P_{vak} – bu atmosfera bosimidan kichik bo‘lgan bosimdir.

4. Mutloq bosim P_{mut} –jismga ta‘sir etayotgan to‘liq bosimdir.

Bulardan faqat mutloq bosim ishchi jismning holat parametri bo‘la oladi, va u quyidagicha aniqlanadi:

agar biror idishdagi bosim atmosfera bosimidan yuqori bo‘lsa, unda

$$P_{mut} = P_{bar} + P_{ort}. \qquad (1.1)$$

agar aksincha, idishdagi bosim atmosfera bosimidan kichik bo‘lsa, unda:

$$P_{mut} = P_{bar} - P_{vak}. \qquad (1.2)$$

Bosim o‘lchash uchun quyidagi asboblar ishlatiladi: atmosfera bosimi – barometrlarda, ortiqcha bosim – manometrlarda, siyraklanish bosimi – vakuummetrlarda o‘lchanadi.

Ishlash usuliga ko‘ra asboblar ikki turga bo‘linadi:

1. Suyuqlik bilan ishlaydigan manometrlar – bunda bosim sathlari tenglashtirilgan ustundagi (naychadagi) suyuqliklarning sathlari o‘zgarishi bilan aniqlanadi.

2. Prujinali manometrlar – bunda bosim prujinaning mexanik harakatga kelishi bilan aniqlanadi.

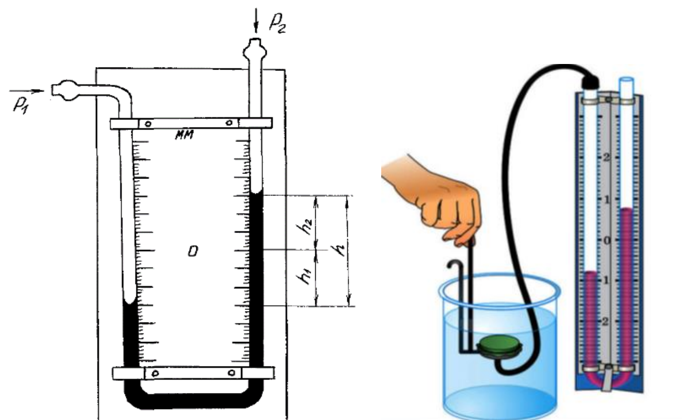
Tajribalarda yuk-porshenli asboblar ham ishlatiladi, bunda bosim porshen bilan qo‘yilgan yukning massasini tenglashishi bilan aniqlanadi.

2.SUYUQLIK BILAN ISHLAYDIGAN ASBOBLAR

Bosim o‘lchash asboblaridan eng soddasi suyuqlik bilan ishlaydigan manometrlardir, ular katta aniqlikda o‘lchaydi. Bu manometrlarni o‘lchash chegarasi shisha trubkalarni uzunligi va shishani qattiqligiga bog‘liq, u kichik bosimlarni 200 kPa gacha o‘lchaydi.

2.1. U-simon manometr. U-simon shishadan tuzilgan naycha bo‘lib, ichiga suyuqlik to‘ldirilgan, uni bir uchi bosim o‘lchashi kerak bo‘lgan idishga, ikkinchi uchi esa ochiq holda turadi, u atmosfera bosimi ostida bo‘ladi (1.1-rasm). Agar idishdagi bosim atmosfera bosimidan katta bo‘lsa, shuning uchun tomonda suyuqlik sathi pastga tushadi, ochiq tomoni esa ko‘tariladi, bu suyuqlik sathlarining farqi bosim qiymatini

beradi. Bu naychalarga suyuqlik sifatida suv solinadi, shuning uchun bosim birligi mm suv ust. bo‘ladi.



1.1-rasm. U-simon manometr.

$$P_{ort} = h\,(\rho - \rho_m)\,g\ ,\quad Pa \qquad (1.3)$$

bu yerda: h – suyuqlik sathlarini farqi, m;

ρ – suyuqlik zichligi, kg/m^3;

ρ_m – o‘lchanadigan muhitning zichligi, kg/m^3;

g – erkin tushish tezlanishi, m^2/s.

Agar $\rho >> \rho_m$ bo‘lsa, unda tenglama quyidagicha yoziladi:

$$P_{ort} = h\,\rho\,g.\quad Pa \qquad (1.4)$$

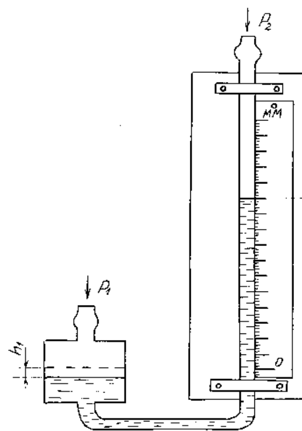
U-simon manometrlarda yana siyraklanish (vakuum) bosimini ham aniqlash mumkin. Bunda suyuqlik sathi vakuum o‘lchanadigan tomonga ko‘tariladi.

Agar U-simon manometrni ikkala uchi bosimlari har xil bo‘lgan idishlarga ulangan bo‘lsa, unda suyuqlik sathlarini farqi bosimlar farqini ko‘rsatadi. Bunda manometr differensial manometr yoki difmanometr deyiladi.

2.2. Chashkali manometr. U-simon manometrini kamchiligi suyuqlikni ikkita sathi o‘lchanib, keyin farqi olinishidir, bu kamchilik chashkali (bir naychali) manometrlarda yo‘q (1.2-rasm). Chashkali manometrlarni U-simon manometrlardan farqi shundaki, chashkali manometrni bir uchi naychadan ikkinchi uchi esa chashkasimon idishdan

iborat. Idishga suyuqlik (suv) shunday to‘ldiriladiki, bunda suyuqlik sathi naychada 0 (nol)da turishi kerak.

Ortiqcha bosim o‘lchanganda chashkali manometrga naycha orqali chashkaga ulanadi, agar siyraklashish bosimini o‘lchash kerak bo‘lsa naycha tomonga ulanadi va bosimni suyuqlik sathining o‘zgarishi ko‘rsatadi.

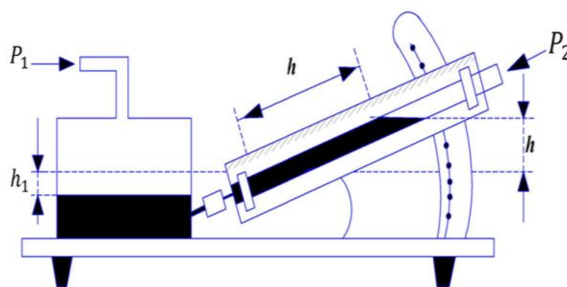


1.2-rasm. Chashkali manometr.

2.3. Mikromanometr. Kichik bosimlarni (100 dan 200 kPa gacha) o‘lchash uchun naychasi egilgan α burchak ostida bo‘lgan chashkali manometr ishlatiladi (1.3-rasm). Bunda bosim

$$P = h \sin\alpha \, \rho \, g \; , \text{Pa} \qquad (1.5)$$ bo‘ladi,

bu yerda: h – egilgan naychadagi suyuqlik sathi, mm.



1.3-rasm. Mikromanometr.

Naycha burchak ostida bo‘lgan holatda suyuqlikni sathi vertikal holatda turganga nisbatan bir muncha o‘zgaradi, bu egilgan naychali mikromanometrlar bosimni katta aniqlikda o‘lchashi mumkin. Kichik bosimlarni katta aniqlikda o‘lchash uchun laboratoriyalarda namuna asbob

sifatida – MMN markali naychasini egilish burchagi oʻzgarib turishi mumkin boʻlgan maxsus mikromanometrlar ishlatiladi. Naychasini oʻzgarish burchaklari belgilab qoʻyilgan, ular quyidagi tuzatish koeffitsiyentlariga ega: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4.

Bosim oʻlchanganda suyuqlik sathi balandligi h shu tuzatish koeffitsiyentiga koʻpaytirib olinadi (naycha qaysi burchakda boʻlsa).

MMN markali mikromanometrlarda ortiqcha bosimni ham, siyraklashish bosimini ham oʻlchash mumkin. Buning uchun mikromanometrga oʻrnatilgan kichkina kran holatini oʻzgartirish kerak boʻladi (asbobni tuzilishi bilan laboratoriya qurilmasida tanishish kerak).

3. DEFORMATSIYA HISOBIGA ISHLAYDIGAN (PRUJINALI) ASBOBLAR

Deformatsiya hisobiga ishlaydigan (prujinali) asboblar- ishlash uslubi prujina elementining deformatsiyalanishiga asoslangan.

Bosim oʻlchash uchun bitta naychali (Burdon naychasi yoki prujinali) manometrlar koʻp ishlatiladi.

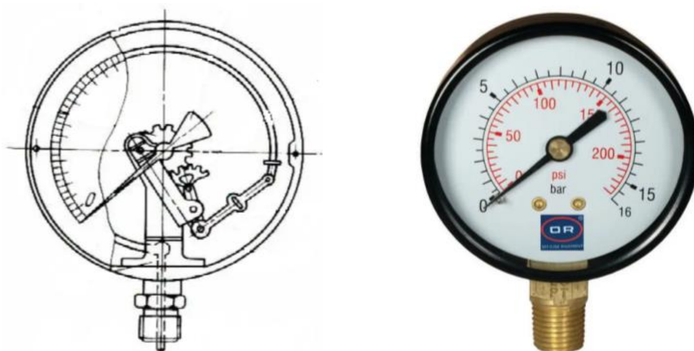
Bu manometrlarda 0,05 dan to 1000 MPa ga teng boʻlgan bosimlarni oʻlchash mumkin.

3.1. Prujinali manometrlar.

Prujinali manometrlarda asosiy element prujina - koʻndalang kesimi yuzasi ellips shaklida boʻlgan metalldan tayyorlangan naychadan iborat boʻlib, u yoy shaklida egilgan boʻladi, bu Burdon naychasi deyiladi (1.4-rasm). Uning bir uchi uzatuvchi tishli mexanizmga ulangan, mexanizmga esa strelka oʻrnatilgan. Naychaning ikkinchi uchi manometr korpusiga mahkamlangan boʻlib, u bosim oʻlchaydigan idishga oʻrnatish uchun rezbadan iborat. Bu naychaga bosim taʻsir etganda, tuzilishi ellips shaklida boʻlgani uchun u toʻgʻrilanishga harakat qiladi, bunda naychaning strelkaga ulangan uchi harakatga keladi va strelka maʻlum bir qiymatga oʻzgaradi. Bu bosimning qiymati boʻladi.

Manometrik prujina latundan yoki mis qotishmalaridan va katta bosimlar uchun poʻlatdan tayyorlanadi. Bunday asboblar ham manometr, vakuummetr va monovakuummetr boʻlib ishlashi mumkin. Ortiqcha bosimni oʻlchaydigan manometrlarda naychaning uchi soat strelka yoʻnalishi boʻyicha oʻrnatilgan boʻladi, vakuum bosimni oʻlchovchi vakuummetrlarda naychani uchi soat strelkasi yoʻnalishiga teskari

o‘rnatilgan bo‘ladi, shuning uchun vakuummetrlarda shkalaning qiymatlari o‘ngdan chapga qarab yoziladi.



1.4-rasm. Purjinali manometr.

Monovakuummetrlarda nol qiymat shkalani eng yuqori qismida bo‘ladi, uni o‘ng tomoni manometrik qiymat, chap tomoni esa vakuummetrik qiymatdir.

II. HARORATNI O‘LCHASH ASBOBLARINING TUZILISHI VA ISHLASH USULI

I. NAZARIY QISM

Ishchi jismning harorati uning qiziganlik darajasini ifodalaydi. Haroratning qiymat soni harorat shkalalari ko‘rsatib beradi. Harorat shkalalari Selsiy, Kelvin, Farangeyt va Reomor shkalalariga bo‘linadi. Selsiy shkalasida asosiy reper nuqtalari qilib muzning erish nuqtasi 0^0C va suvning qaynash nuqtasi 100^0C deb qabul qilingan. Bu nuqtalardagi termometr ko‘rsatgichining farqini 100 ga bo‘lsak Selsiy gradusi (^{0}C) kelib chiqadi. Farangeyt shkalada muzning erish harorati 32^0F va suvning qaynash harorati 212^0F deb qabul qilingan. Farengeyt shkalasida haroratlarning farqi 212-32=180^0F teng. Shuning uchun 1^0F $\frac{100}{180}=\frac{5}{9}$ ^{0}C ga teng bo‘ladi va bunda $t^0C=5/9\ (t^0F-32)$ $t^0C=9/5t^0C+32$.

SI tizimida mutloq harorat Kelvin shkalasida o‘lchanadi. Amalda esa har bir asbob Selsiy gradusida o‘lchab beradi. Shuning uchun ularning orasidagi bog‘lanishni quyidagicha yozamiz.

$$T\ K = t\ ^0C + 273{,}15. \qquad (1.6)$$

Harorat o‘lchaydigan asboblar ishlashiga asoslanib quyidagi guruhlarga bo‘linadi:

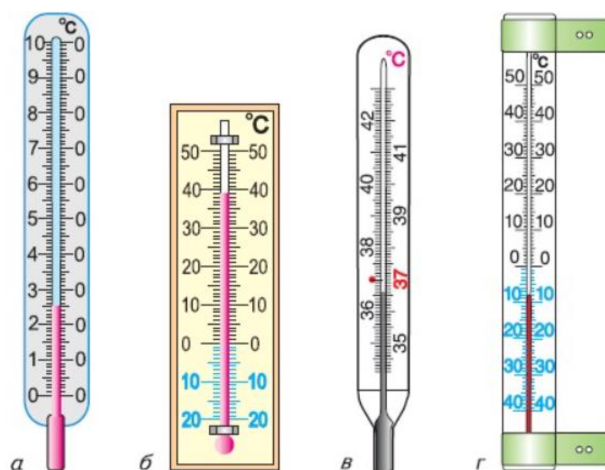
a) kengayish termometrlari; b) manometrik termometrlar;

v) qarshilik termometrlari; g) termojuft (termopara);

d) optik pirometrlar; e) teplovizor.

1.1. Kengayish termometrlar. Suyuqlik termometrlarning ishlashi termometrdagi suyuqlikning issiqdan kengayishiga asoslangan.

Bu termometrlarda haroratni o‘lchash Selsiy shkalasi bo‘yicha olib boriladi. Shishali suyuqlik termometrlarni to‘ldirish uchun simob, toluol, etil spirti va boshqalar ishlatiladi. Tuzilishi jihatidan termometrlar ikkiga bo‘linadi: naychali va taxtachaga shkala o‘rnatilgan termometrlar (1.5-rasm).

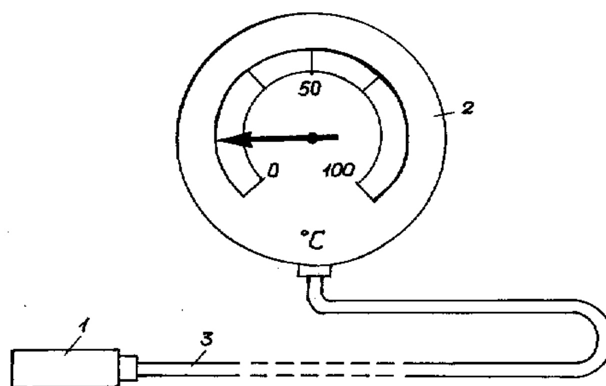


1.5-rasm. Kengayish termometrlari.

Bu termometrlar –32^{0}C dan 600^{0}C gacha haroratni o‘lchash uchun ishlatiladi.

1.2. Manometrik termometrlar. Manometrik termometrlarning ishlashi shu asbob ichiga solingan suyuqlikning bosimini o‘zgartirishiga asoslangan (1.6-rasm). Ichida ishchi jismni to‘ldirilishiga asoslanib manometrik termometrlar gazli va suyuqlikli bo‘lishi mumkin. -150^{0}C dan +1000^{0}C gacha bo‘lgan muhitni o‘lchaydi. Manometrik termometr termoballon 1, manometr 2 va kapillyar 3 dan iborat.

Termobalon harorati o‘lchanmoqchi bo‘lgan muhitga qo‘yilishi natijasida uning ichidagi gazning bosimi va hajmi o‘zgarib boradi. Bu esa uning naychasiga ta‘sir etib strelkani harakatga keltiradi.



1.6-rasm. Manometrik termometr.

1.3. Qarshilik termometrlari. Qarshilik termometrlarini ishlashi esa harorat oʻzgarishida qarshilikni oʻzgarishiga asoslangan. Amalda misli va platinali qarshilik termometrlari keng koʻlamda ishlatiladi (1.7-rasm). Qarshilik termometrlarini tayorlashda quyidagi talablarga javob beruvchi toza metallar qoʻllaniladi:

1. Oʻlchanayotgan muhitda metall oksidlanmasligi va kimyoviy tarkibi oʻzgarmasligi kerak.
2. Metallning harorat qarshilik koeffisiyenti yetarli darajada katta va barqarorlashgan boʻlishi lozim.
3. Solishtirma elektr qarshilik deyarli katta boʻlishi kerak.

Maʻlum haroratlar oraligʻida yuqoridagi talablarga platina, mis, nikel, temir, volfram kabi metallar javob beradi. Harorat oʻzgarishi bilan elektr qarshiligining oʻzgarishini harakterlovchi parametr elektr qarshilikning harorat koeffisiyenti deyiladi.

Misdan tayyorlangan qarshilik termometrlari -200 dan +200°C gacha haroratlarni uzoq vaqt davomila oʻlchashda qoʻllaniladi. Platina - qimmatbaho material. Kimyoviy jihatdan inert va sof holda osonlik bilan olinadi. Platinadan tayyorlangan qarshilik termometrlari -260 dan +1100°C gacha haroratlarni oʻlchash uchun qoʻllaniladi.

Misdan ishlangan qarshilik termometrlari uchun haroratga bogʻliqlik quyidagicha ifodalandi:

$$R_t = R_0 \, (1+0,00428 \, t) , \qquad (1.7)$$

bu yerda : R_t – t ^{0}C haroratidagi qarshilik, Om ;
R_0 – 0 ^{0}C dagi qarshilik, Om ;
0,00428 – harorat koeffitsiyenti, grad^{-1}.

Platinadan ishlangan qarshilik termometrlari uchun haroratga bog‘liqlik quyidagi ifodalanadi:

$$R_t = R_0 (1 + A\, t + V\, t^2) , \qquad (1.8)$$

bu yerda: A va V - o‘zgarmas kattaliklar ($A = 3{,}94 \cdot 10^{-3}$;$V = - 5{,}8 \cdot 10^{-7}$) .

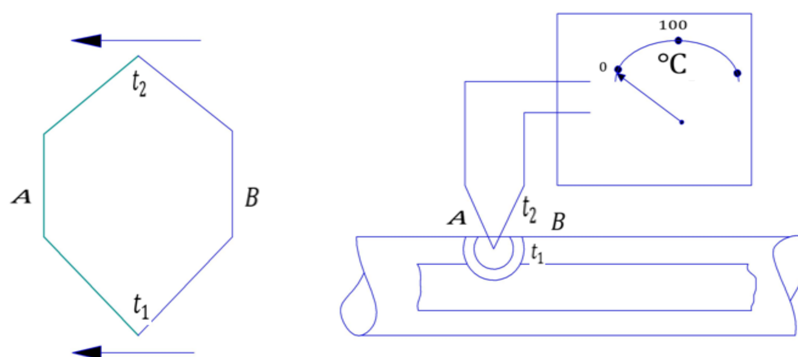


1.7-rasm. Qarshilik termometrlari.

1.4. Termojuft (termopara). Termojuft 2 xil metall qotishmasidan ishlangan A va V elektrodlarning kavsharlangan zanjiridan iborat, haroratni o‘lchash uchun uning bir uchi (issiq uchi) o‘lchanishi kerak bo‘lgan jismga ulanadi, ikkinchi (sovuq) uchi esa muz solingan Dyuar idishiga solinadi (ya‘ni 0 ^{0}C da bo‘ladi). Issiq va sovuq uchlarining orasida EYuK (elektr yurituvchi kuchi) hosil bo‘ladi. (1.8-rasm). Termojuftda elektr yurituvchi kuchni potensiometr yoki millivoltmetr bilan o‘lchanadi va EYuK qiymatini jadval yoki grafik yordamida ^{0}C ga aylantiriladi. Agar termojuftning sovuq uchi 0^0 C ga ega bo‘lmay, xona haroratiga ega bo‘lsa EYuK ni ^{0}C ga aylantirishda xonani haroratini qo‘shish kerak.

Termojuftda elektr yurituvchi kuchni potensiometr yoki millivoltmetr bilan o‘lchanadi va EYuK qiymatini jadval yoki grafik yordamida ^{0}C ga aylantiriladi. Agar termojuftning sovuq uchi 0^0 C ga ega bo‘lmay, xona haroratiga ega bo‘lsa EYuK ni ^{0}C ga aylantirishda xonani haroratini qo‘shish kerak.

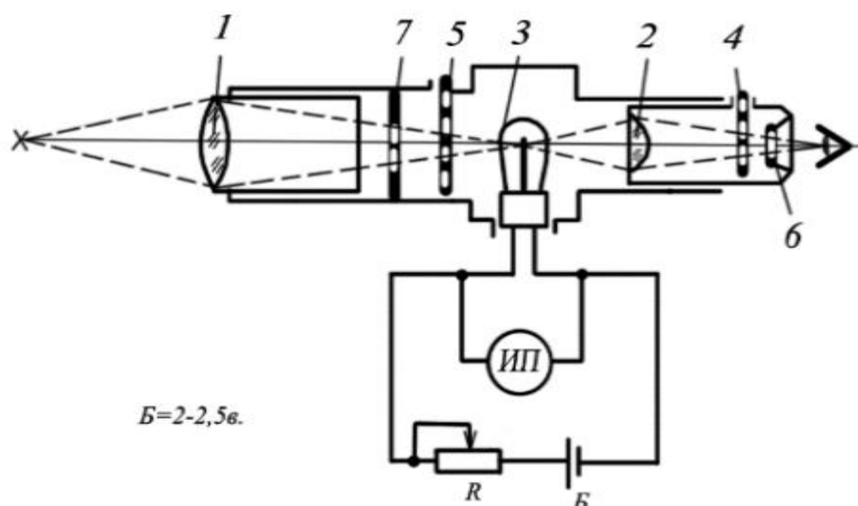
Termojuftlar xrom (nikel bilan xrom qotishmasi)-kopel (nikel bilan mis qotishmasi), xrom-alyumel (nikel bilan aluminiy qotishmasi) va boshqalar bo‘lishi mumkin. Termojuft 3500^0C gacha bo‘lgan haroratni o‘lchaydi.



1.8-rasm. Termojuft (termopara).

1.5. “Yo‘qoluvchan tolali” optik pirometr. Pirometr deb atalishiga asosiy sabab, bu turdagi asboblar asosan yonayotgan jismning yorug‘ligi va volfram tolaning nuri bog‘liqligiga asoslanib ishlashidir (1.9-rasm). “Yo‘qoluvchan tolali” optik pirometrning ishlash usuli yonayotgan jismning yorugligi bilan shu asbob ichida joylashtirilgan lampaning volfram tolasini tarqatayotgan nurining yorug‘ligi tenglashishiga asoslangan.

Optik pirometrlarda harorati o‘lchanayotgan nur tarqatayotgan qizdirilgan jismning monoxramatik nurlanish rangi, o‘lchov asbobiga o‘rnatilgan pirometrik lampaning qizdirilayotgan simining nurlanish rangi bilan solishtiriladi. Pirometr teleskopi obyektiv linza 1, okulyar 2 dan tashkil topgan bo‘lib, obyektiv fokusida yoysimon volfram simli pirometrik lampa joylashgan. Uning issiqlik darajasini reostat R yordamida o‘zgartirish mumkin. 0,65 mkm to‘lqin uzunligidagi monoxramatik (bir xil rangli) nurlanishga erishish uchun okulyardan oldin qizil shisha yorug‘lik filtri 4 o‘rnatilgan.



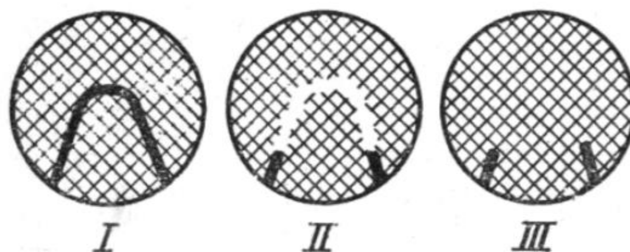
1.9-rasm. “Yo‘qoluvchan tolali” optik pirometr.

Optik pirometr quyidagi elementlardan tashkil topgan:

1 - obyektiv linzasi; 2 - okulyar linzasi; 3 - pirometrik lampa; 4 - qizil yorug‘lik filtri; 5 - kul rang yutuvchi filtr; 6 - chiqish diafragmasi; 7 - kirish diafragmasi.

Obyektiv va pirometrik lampa orasiga yutuvchi (kulrang) shisha o‘rnatilgan bo‘lib, undan pirometr yuqori o‘lchash chegarasini oshirish uchun qo‘llaniladi. Shunday qilib, optik pirometrlarning ishlash uslubi ikki jism ya‘ni, harorati o‘lchanayotgan jism va volfram tolaning yorug‘ligini solishtirishga asoslangan ekan.

Bunda, volfram tolaning rangi jism rangidan to‘qroq bo‘lsa (I-holat), simdan o‘tayotgan tokni oshirish kerak, agar, volfram tolaning rangi jism rangidan ochroq bo‘lsa (II-holat), unda toladan o‘tayotgan tokni kamaytirish kerak va nihoyat ranglar mos kelganda (III-holat), shkalasi ^{0}C da graduirovkalangan ampermetr ko‘rsatgichi bo‘yicha jism harorati aniqlanadi.



1.10-rasm. Cho‘lg‘anma lampa volfram tolaning rangi.

Optik pirometrlarning afzalliklariga yuqori aniqligi, kompaktligi, soddaligi kirsa, kamchiligiga alohida manbaga muhtojligi, harorat qiymatini avtomatik ravishda yozib borish imkonining yo‘qligi va o‘lchayotgan operatorning spektral sezgirligiga bog‘liq ravishda o‘lchash usulining subyektivligi kiradi.

Qiziyotgan jismning haroratini o‘lchash uchun asbobning teleskopini shu muhitga qaratiladi. Reostat bilan volfram tolaning cho‘g‘lanishi moslab turiladi. Shunda moslash davomida xuddi volfram tola yo‘qolgandek bo‘ladi, bu esa volfram tolaning tarqatayotgan nurini yorug‘ligi yonayotgan jismning tarqatayotgan nurini yorug‘ligi bilan tenglashib qoladi. Bu esa o‘lchanayotgan muhit haroratiga mos keladi.

Shunda reostat orqali moslashni to‘xtatib, shkaladan o‘lchanayotgan muhitdagi jismni harorati necha gradusga tengligi yozib olinadi. Optik

pirometr ikki shkalali qilib ishlangan. Agar 1400 ^{o}C dan yuqori haroratlarni o‘lchash kerak bo‘lsa, u holda pirometrik lampa oldiga nur yutuvchi oyna qo‘yiladi va haroratni yuqori shkaladan o‘lchanadi. Optik pirometr bilan muhit oralig‘i 7 m gacha bo‘lishi shart. O‘lchash oralig‘i 800 ^{o}C – 6000 ^{o}C.



1.11 - rasm. Radiatsion pirometrlar.

1.6. Issiqlik tasvirlagich (Teplovizor). Issiqlik tasvirlagich ikkita asosiy komponentdan iborat:

1. Infraqizil detektor
2. Optik tizim

Detektor - infraqizil nurlanishni elektr signaliga aylantiradi, so‘ngra qayta ishlash uchun kompyuterga yoki boshqa qurilmaga uzatiladi.

Optik tizim - infraqizil nurlanishni obyektga qaratish va yo‘naltirish uchun ishlatiladi.

Issiqlik tasvirlagichning ishlash printsipi quyidagicha:

1. Obyektdan infraqizil nurlanish optik detektorga tushadi.
2. Detektor nurlanish energiyasining bir qismini elektr signaliga aylantiradi.
3. Signal kompyuterga uzatiladi, u erda qayta ishlanadi va ekranda ko‘rsatiladi.
4. Kompyuter obyekt harorati tasvirini yaratish uchun tasvirni qayta ishlash algoritmlaridan foydalanadi.
5. Obyektning harorati tasviri issiqlik tasvirlagich qurilmasining ekranida ko‘rsatiladi.

Shunday qilib, issiqlik tasvirlagichlari binolar, odamlar, mashinalar va boshqalar kabi turli xil obyektlarning haroratini o‘lchash uchun ishlatilishi mumkin. Harorat diapazoni: -20 dan +600 ^{0}C gacha.



1.12-rasm. Teplovizor qurilmasi.

III. TAJRIBA ISHINI BAJARISH TARTIBI

Ko‘rib chiqilgan asboblar laboratoriya qurilmasiga o‘rnatilgan. Laboratoriya ishini bajarish tartibi quyidagilardan iborat:

1. Suyuqlik bilan ishlaydigan va mexanik manometrlarni tuzilishi va ishlash usulini o‘rganish.
2. Kompressordan keladigan havo quvurlaridagi kran (ventil)larni tekshirish zarur.
3. Kompressorni ishlatib, kompressor ressiverida (havo yig‘adigan idish) 1-1,5 at.gacha havoni siqib, keyin kompressor to‘xtatiladi.
4. Havo yuruvchi quvurga kran (ventil)ni ochib, laboratoriya qurilmasiga siqilgan havo yuboriladi.
5. Differensial manometr yordamida bosimlar farqi o‘lchanadi.
6. Mikromanometr va chashkali manometrlar ulangan kranlarni ochib quvurdagi bosim o‘lchanadi.
7. Vakuum nasosni ishlatib, vakummetrda vakuum bosim o‘lchanadi va vakuum nasosni o‘chirib, kranlar yopib qo‘yiladi.
8. Haroratni o‘lchaydigan asboblar bilan tanishib, ularni chizib olib, ishlashini tushuntirib berish.

IV. ISHNING HISOBOTI

Ishni hisobotida quyidagilar bo‘lishi shart:

1. Manometrlarni qisqacha tavsifi.
2. Haroratni o‘lchash uchun qanday usullar bor?
3. SI tizimi va texnik tizimidagi harorat shkalasini aytib bering.

2-laboratoriya ishi
O‘ZGARMAS BOSIMDA HAVONING MASSAVIY ISSIQLIK SIG‘IMINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Havoning issiqlik sig‘imini eksperimental o‘lchash va olingan natijani keyingi tajribalar qiymati bilan solishtirish.

I. NAZARIY QISM

Modda birlik massasini 1 K isitish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdori shu moddaning **issiqlik sig‘imi** deyiladi. Bunda modda Δq issiqlik miqdorini yutishi natijasida uning harorati T_1 dan T_2 gacha ortadi.

$$\Delta q = c_m(T_2 - T_1) \quad (2.1)$$

Birlik moddaning ***o‘rtacha issiqlik sig‘imi*** quyidagicha ifodalanadi:

$$C_m = \frac{\Delta q}{(T_2 - T_1)} \quad (2.2)$$

Birlik moddani 1K isitish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdori ***haqiqiy issiqlik sig‘imi*** deyiladi:

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta T} \quad (2.3)$$

Moddaning birlik massa temperaturasini bir gradus orttirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdori ***solishtirma issiqlik sig‘imi*** deyiladi.

Solishtirma issiqlik sig‘imi massa, hajm va boshqa o‘lchov birliklarida ifodalanadi:

a) ***solishtirma massaviy issiqlik sig‘imi***:

$$c = \frac{1}{m} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad \frac{J}{kg \cdot K} \quad (2.4)$$

b) ***solishtirma hajmiy issiqlik sig‘imi***:

$$c' = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad \frac{J}{m^3 \cdot K} \quad (2.5)$$

c) ***solishtirma molyar issiqlik sig‘imi***:

$$\mu C = \frac{\mu}{m} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad \frac{J}{mol \cdot K} \tag{2.6}$$

Jismning issiqlik sig‘imi uning kimyoviy tarkibi, jism massasi va termodinamik holatiga, shuningdek dQ issiqlik bilan ta'minlangan jism holatini o‘zgartirish jarayonining turiga bog‘liq. Bir jinsli jismlarning issiqlik xossalari o‘ziga xos issiqlik sig‘imi va molyar issiqlik sig‘imi tushunchalari bilan tavsiflanadi. Massasi m = 1 kg bo‘lgan jismning issiqlik sig‘imi xususiy birliklarda o‘lchangan [J⁄(kg · K)], bir mol moddasining issiqlik sig‘imi molyar birliklarda o‘lchanganda [J ⁄(mol · K)]. Demak massaviy issiqlik sig‘imi quyidagicha aniqlanadi:

$$c = \frac{\mu C}{\mu} \qquad \left(\frac{J}{kg \cdot K}\right) \tag{2.7}$$

bu yerda μ moddaning molyar massasi, μC - molyar issiqlik sig‘imi.

Gaz o‘zgarmas bosim yoki o‘zgarmas hajmda turishiga qarab, uning temperaturasini 1^0C ga isitish uchun turli miqdordagi issiqlik zarur.

Izobarik issiqlik sig‘imi izoxorik issiqlik sig‘imidan har doim kata bo‘ladi, chunki 1 kg gazni 1^0C ga p=const sharoitida isitilganda, energiyani bir qismi kengayish uchun sarflanadi.

R. Mayer c_p va c_v orasidagi bog‘liqlikni o‘rganib, qo‘yidagi tenglamani keltirib chiqardi:

$$c_p - c_v = R \tag{2.8}$$

Yuqoridagi tenglamani ikkala qismini molekulyar massa (μ) ga ko‘paytirsak quyidagi natijani olamiz:

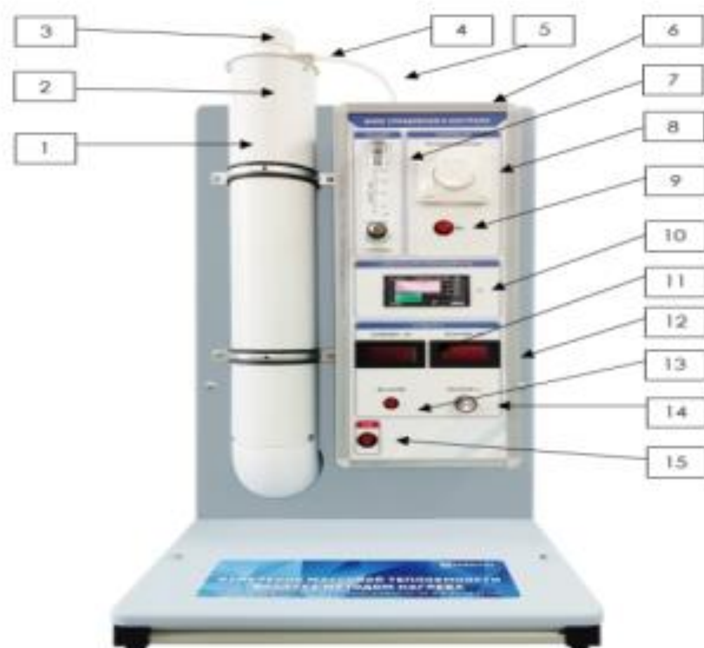
$$\mu C_p - \mu C_v = R = 8314\, J/(kmol \cdot K) \tag{2.9}$$

$$C_v = \mu \frac{i}{2} \cdot R, \quad \mu C_p = \frac{i+2}{R}, \quad c_p = \frac{i+2}{2} \cdot \frac{R}{\mu} \tag{2.10}$$

bu yerda i - gaz molekulalarining erkinlik darajasi. Havo uchun i=5 ga teng.

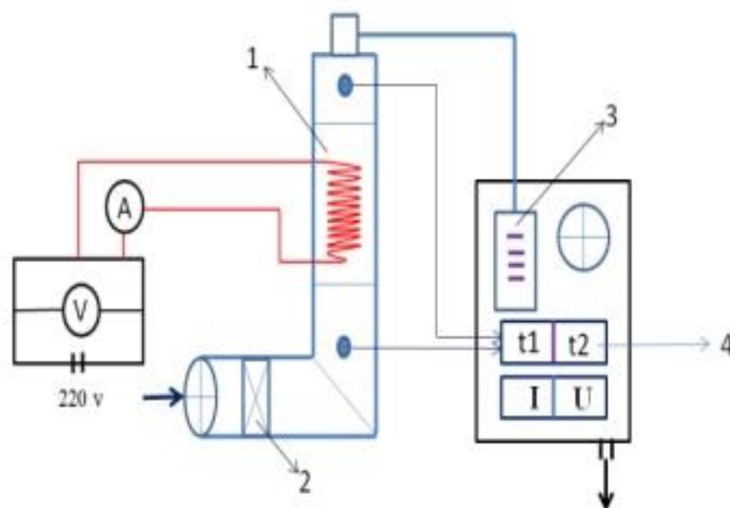
II. TAJRIBA QURILMASIDA TAJRIBANI O‘TKAZISH VA NATIJALARNI HISOBLASH TARTIBI.

“TARMOQ” tugmasini bosish orqali qurilmani yoqing (15). Kompressorni - kompressorni faollashtirish tugmasi orqali yoqing (9), o‘rtacha oqim intensivligini o‘rnatish uchun kompressor tezligi rostlagichidan (8) foydalaning.



2.1-rasm. Laboratoriya qurilmasi.
1 - kalorimetr; 2 - issiqlik o‘tkazmaydigan korpus; 3 - o‘rnatilgan isitish moslamasi va ikkita termal konvertorli havo oqimi kanali; 4 - tezkor ulagich; 5 – kompressordan havo yetkazib berish quvurchasi; 6 – nazorat qilish va nazorat qilish bloki; 7 – rotametr LZM-15ZAT (0.16-1.6 m^3/soat); 8 – kompressor tezligi rostlagichi (havo ta'minoti hajmi); 9 – kompressorni faollashtirish tugmasi; 10 – ikki kanalli harorat o‘lchagich-rostlagich; 11 - ampermetr; 12 – voltmetr; 13 - isitish moslamasini yoqish tugmasi; 14 – isitish moslamasidagi kuchlanish va oqim rostlagichi; 15 - o‘rnatishni yoqish uchun "TARMOQ" tugmasi.

Rotometr (7) shkala bo‘yicha ma’lum bir qiymatga ko‘tariladi. "Isitishni yoqish" tugmasi bilan isitgichni yoqing (13). Rostlagich (14) isitgichdagi kuchlanishni va oqimni o‘zgartirishi mumkin. T_1 va T_2 harorat qiymatlari rostlagich o‘lchagichning ko‘rsatkichlarida (10) ko‘rsatiladi.



2.2-rasm. Laboratoriya qurilmasi sxemasi.
1- kalorimetr; 2- kompressor; 3- rotametr; 4- termojuft.

G_V ning hajmli havo sarfi suzuvchi oqim o‘lchagich (rotametr 7) bilan o‘lchanadi va keyin havo oqimi massaviy sarfga o‘tiladi. $\Delta m = G_v \cdot \rho$, bu yerda ρ - normal sharoitda havo zichligi (kg/m^3).

Issiqlik o‘tkazmaydigan korpus uchun adiabatik jarayon mavjud, isitgichda chiqarilgan barcha quvvat quvur orqali uzatilayotgan gazni isitish uchun ketadi. Isitgich tomonidan ishlab chiqarilgan N quvvati (1 sekunddagi issiqlik miqdori) quyidagicha aniqlanadi: N=Q

$$N = U \cdot I, \quad (2.11)$$

bu yerda U - isitgichga beriladigan kuchlanish; I - isitish moslamasining tok kuchi. Quvurdan T_1 kirish va T_2 chiqishidagi havo harorati termojuft yordamida o‘lchanadi va Selsiy shkalasi bo‘yicha o‘lchagich-rostlagichining displeyida ko‘rsatiladi. Displeydan kerakli natijalar olingandan so‘ng (2.12) tenglamadan P=const da solishtirma massaviy issiqlik sig‘imi formulasidan foydalanamiz:

$$c_p = \frac{U \cdot I \; 10^{-3}}{\Delta m \cdot (T_2 - T_1)} \quad (2.12)$$

2.1-jadvalda quvvat manbaining voltmetri va ampermetrining ko‘rsatkichlarini, shuningdek kalorimetrning kirish va chiqish joyidagi haroratni kiriting.

2.1-jadval

Tajriba natijalari jadvali

№	t_1, ^0C	t_2, ^0C	Δt, ^0C	Δm, kg/sek	U, V	I, A	N, Vt	c_p, $\frac{kJ}{kg\cdot K}$
1								
2								
3								

Har xil kuchlanish va oqim qiymatlari, havo oqimining turli qiymatlari uchun tajribani takrorlang. Issiqlik quvvatini hisoblang, xulosalar chiqaring, bajarilgan ishlar bo‘yicha hisobot tayyorlang.

IV. NAZORAT SAVOLLARI

1. Issiqlik sig‘imi deb nimaga aytiladi?
2. Rotametr nima?
3. Solishtirma issiqlik sig‘imi nechchi turga bo‘linadi?
4. Kalorimetr nima vazifani bajaradi?

3-laboratoriya ishi
BOYL-MARIOTT QONUNI.

Ishning maqsadi: virtual laboratoriya o‘rnatish modelida ideal gazning izotermik jarayonini o‘rganish. Xona haroratida ideal gaz sifatida havo parametrlarini o‘lchash.

1. Porshenning turli holatlari uchun xona haroratida idishdagi havo bosimini (P) o‘lchash.

2. Uch xil havo miqdori uchun o‘lchangan qiymatlarni P-*v* diagrammasida ko‘rsatish.

3. Boyl-Mariott qonunini tekshirish.

I. NAZARIY QISM

Molekulalari hajmi gaz hajmiga nisbatan ahamiyatsiz va molekulalar o‘rtasida o‘zaro tortishish va itarish kuchlari mavjud bo‘lmagan gazlarga ***ideal gaz*** deb ataladi.

Termodinamik jarayon - bu atrof-muhit bilan o‘zaro ta'siri natijasida bir muvozanat holatidan ikkinchisiga o‘tish paytida termodinamik tizim holatining har qanday o‘zgarishiga aytiladi. Termodinamik tizimning boshlang‘ich holatdan yakuniy holatga o‘tishi turli yo‘llar bilan amalga oshirilishi mumkin. Shunga ko‘ra, termodinamik jarayonlarning quydagi turlari mavjud, ular orasida 4 tasi asosiy: izotermik, izoxorik, izobarik va adiabatik jarayonlar. Termodinamik jarayonda tizim va atrof-muhit o‘rtasida energiya almashinuvi sodir bo‘ladi, bu tizim va atrof-muhit o‘rtasidagi va tizim ichidagi muvozanatning buzilishiga olib keladi. Ushbu laboratoriya ishida ideal gazning muvozanati va termodinamik jarayoni o‘rganiladi, ya'ni termodinamik tizim hajmining har bir nuqtasida holat parametrlarining qiymatlari bir xil deb taxmin qilinadi.

Termodinamik tizimning holat tenglamasi muvozanat tizimining holati parametrlarining (funktsiyalarining) mustaqil holat parametrlariga bog‘liqligini anglatadi. Ideal gazning holati ikkita mustaqil o‘zgaruvchini o‘z ichiga olgan tenglama bilan tavsiflanadi va ideal gazning holatini tavsiflovchi Mendeleyev-Klayperon tenglamasi sifatida ifodalanishi mumkin:

$$Pv = \frac{R_0 T}{\mu} = RT \qquad (3.1)$$

bu yerda P - gazning mutlaq bosimi, Pa;

v - gazning solishtirma hajmi, m^3/kg;

R_0 = 8314 J/(kmol·K), universal gaz doimiysi;

R - solishtirma gaz doimiysi, J / (kg·K);

T - mutlaq harorat, K;

μ - mol massasi, kg / kmol.

Har qanday termodinamik jarayonda ideal gazning solishtirma ichki energiyasining o‘zgarishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$u_2 - u_1 = c_v(T_2 - T_1), \quad J/kg \qquad (3.2)$$

Har qanday termodinamik jarayonda ideal gaz entalpiyasining o‘zgarishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$i_2 - i_1 = c_p(T_2 - T_1), \quad J/kg \tag{3.3}$$

Izotermik jarayonda *dT=0 yoki T=const* sharti bajariladi. Bunday termodinamik jarayon porshen moslamasida sodir bo‘ladi, chunki issiqlik gazga yetkazib berilganda (chiqarilganda) porshen harakatlanib, harorat doimiy bo‘lib qolishi uchun hajmni kamaytiradi (oshiradi). (3.2) va (3.3) ga ko‘ra, ideal gazning izotermik jarayoni doimiy ichki energiya va entalpiya jarayonidir. Ideal gazning izotermik jarayonini tavsiflash uchun Boyl-Mariott qonuni qo‘llaniladi: doimiy haroratda ideal gaz egallagan hajm uning bosimiga teskari proporsional ravishda o‘zgaradi:

$$pv = const.$$

Gaz hajmining o‘zgarishining solishtirma ishi:

$$l = \int_{v1}^{v2} pdv = p_1 v_1 ln\frac{v_2}{v_1} = RT\ln\frac{v_2}{v_1} = RT\ln\frac{p_1}{p_2}, \quad J/kg$$

Mavjud ish tenglama bo‘yicha hisoblanadi:

$$l_0 = -\int_{p1}^{p2} vdp = RT\ \ln\frac{p_1}{p_2}, \ J/kg$$

Izotermik jarayonda mavjud ish gaz hajmining o‘zgarishiga tengdir.

Termodinamikaning birinchi qonuniga ko‘ra, izotermik jarayonda ishtirok etadigan barcha issiqlik gaz hajmining o‘zgarishiga olib keladi:

$$dq = dl$$

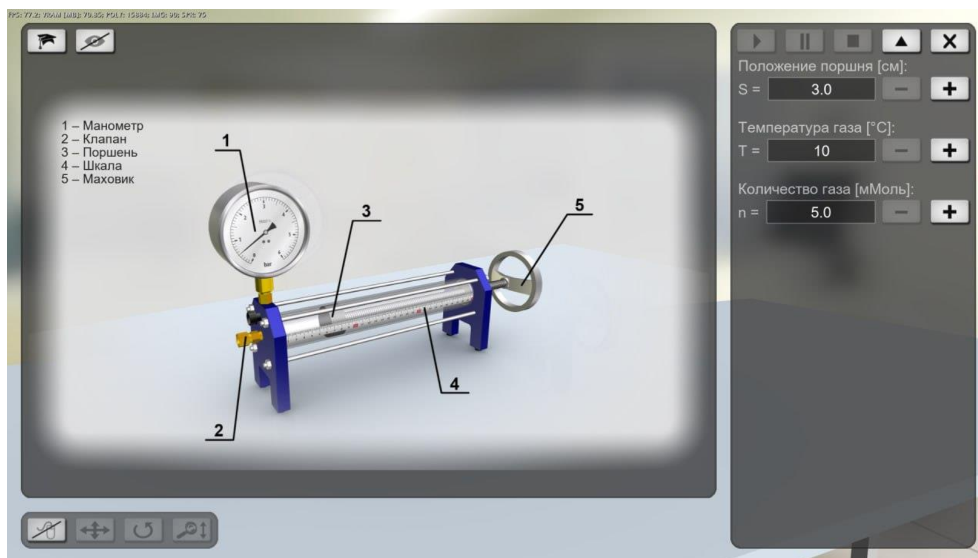
II. VIRTUAL LABORATORIYA STENDINING TAVSIFI

Virtual laboratoriya stendida (3.1-rasm) shisha silindrsimon idish taqdim etiladi, uning ichida porshen mavjud (3). Porshenning holati volan

(maxovik) (5) aylanishi bilan o‘zgaradi, bu virtual stend dialog oynasining (6) o‘ng tomonidagi "-" yoki "+" tugmachalari yordamida, "porshen holati" satrida amalga oshiriladi. Santimetr shkalasi (4) yordamida silindrsimon idishda porshenning holati turli sharoitlarda kuzatiladi. Termodinamik tizimning bosimi manometr bilan o‘lchanadi (1).

Tajribani o‘tkazish uchun dastlabki parametrlar virtual stendning (6) dialog oynasida o‘rnatiladi.

Virtual stend dialog oynasidagi "-" va " + " tugmalaridan foydalanib, harorat va gaz miqdorini o‘zgartirish mumkin. Shunday qilib, ushbu ko‘rsatkichlarni gazning dastlabki parametrlari sifatida qabul qilinadi.



3.1-rasm. Displey ekranidagi laboratoriya stendining ko‘rinishi.

III. LABORATORIYA ISHINI BAJARISH TARTIBI

Ushbu virtual laboratoriya tajribasi xona haroratidagi ideal gazlar uchun Boyl – Mariott qonunini sinovdan o‘tkazadi, shu bilan birga havo ideal gaz sifatida olinadi. Silindrsimon idishning hajmi porshenning harakati tufayli o‘zgaradi, shu bilan birga undagi havo bosimi o‘lchanadi.

1. Displey ekranining o‘ng tomonidagi dialog oynasidagi " - " yoki " + "tugmachalari yordamida "gaz harorati", "gaz miqdori" boshlang‘ich parametrlarini o‘rnating.
2. "-" yoki " + " tugmalaridan foydalanib, "porshen holati" qatorida volanni aylantiriladi va shu bilan porshenni kamera ichida harakatlantiriladi. Porshenning holatini gorizontal santimetr shkalasi bo‘yicha kuzatib boriladi.

3. Porshenning har bir holati uchun P [bar] bosim o‘lchagich bilan bosim o‘lchanadi. Bosim miqdorini [bar] dan [kPa] ga o‘tkazish uchun nisbatdan foydalaning: 1bar =100 kPa.
4. Barcha o‘lchovlarni amalga oshirgandan so‘ng, ushbu ko‘rsatkichlarni kuzatish jadvaliga va hisoblash natijalariga kiriting.
5. Tajriba turli xil dastlabki ma'lumotlar bilan kamida 3 marta takrorlanadi.

IV. TAJRIBA NATIJALARINI QAYTA ISHLASH

1. Porshenning maydonini (F) hisoblash:

$$F = \pi \cdot d^2/4 \quad (3.4)$$

bu yerda D – porshenning diametri, sm.
2. Har bir porshen holati uchun silindrsimon idishdagi gazning joriy hajmini hisoblash:

$$V = F \cdot S + V_0 \quad (3.5)$$

bu yerda f – porshenning maydoni, sm^2;
S - porshenning santimetr shkalasi bo‘yicha holati, sm;
V_0 - manometrdagi "o‘lik" havo hajmi, sm^3.
4. Gaz bosimi va hajmining o‘lchangan qiymatlari uchun ideal gaz holati tenglamasining tengligiga ishonch hosil qilinadi:

$$P \cdot V = \nu \cdot R_0 \cdot T \quad (3.6)$$

bu yerda P – gaz bosimi, kPa;
V- gaz hajmi, sm^3;
$n = \nu$ - gaz miqdori, mmol, (ν tajriba boshlanishidan oldin havo ochiq klapan orqali kiradigan V_0 ning boshlang‘ich hajmiga bog‘liq);
R_0 - universal gaz doimiysi, J / (mol·K);
T- gaz harorati, K.
5. Agar harorat bo‘lsa T va gaz miqdori n tajriba jarayonida o‘zgarmaydi, ideal gaz holati tenglamasining alohida holati Boyl-Mariott qonuni:

$$P \cdot V = const.$$

Porshenning har bir holati uchun P·V mahsulotlarini hisoblanadi va Boyl-Mariott qonunining qonuniyligini tasdiqlanadi.
5. ν gaz miqdorining uch xil qiymati uchun p=f(V) bog‘liqligini chizing.
6. Tajribani turli xil manbalar bilan takrorlang.

Hisoblash uchun parametrlar:
Porshenning diametri d=4 sm;
Silindrsimon idishning uzunligi l = 30 sm;
Manometrining "qoldiq " hajmi V_0= 3 sm^3;
Universal gaz doimiysi R_0 = 8,314 J/ (mol·K).

3.1-jadval

Kuzatish va hisoblash natijalari jadvali

		Tajriba 1	Tajriba 2	Tajriba 3
Porshenning holati, sm	S_1			
	S_2			
	S_3			
Har bir porshen holati uchun gaz bosimi, 1bar =100 kPa	P_1			
	P_2			
	P_3			
Har bir porshen holati uchun gaz hajmi, sm^3	V_1			
	V_2			
	V_3			
Gaz harorati, K	T			
Gaz miqdori, mmol	n			
Porshen maydoni, m^2	F			
P·V har bir porshen holati uchun, J	$P_1 \cdot V_1$			
	$P_2 \cdot V_2$			
	$P_3 \cdot V_3$			

4-laboratoriya ishi

NAM HAVO PARAMETRLARINI ANIQLASH

Ishning maqsadi. Nam havo bo‘limidagi bilimlarni mustahkamlash:

Nam havo parametrlarini laboratoriyada eksperimental tarzda aniqlash. *I-d* diagrammasi yordamida nam havoning parametrlarini o‘zgartirish jarayonlarini o‘rganish.

I. NAZARIY QISM

Nam havo - quruq havo va suv bug‘ining aralashmasidir. Nam havo ba'zi bir taxminlar bilan ideal gaz qonunlari qo‘llaniladigan gaz aralashmasi sifatida ko‘rib chiqilishi mumkin. **Dalton qonuni bo‘yicha**: aralashmaning umumiy bosimi komponentlarning parsial bosimlari yig‘indisiga teng. Har bir gaz o‘zini idishda yolg‘izdek tutadi va aralashmaning butun hajmini egallaydi:

$$B = P_h + P_b \qquad (4.1)$$

bu yerda B - barometrik bosim; P_h va P_b - mos ravishda quruq havo va suv bug‘ining parsial bosimi.

Ideal gazning holat tenglamasi quruq havo uchun ham, nam havodagi suv bug‘i uchun ham ishlatilishi mumkin, chunki nam to‘yinmagan havodagi namlik o‘ta qizigan bug‘da bo‘ladi. Holat tenglamasini quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$P\,V = m\,R\,T \qquad (4.2)$$

yoki *1 kg* ishchi jism uchun:

$$P\,v = R\,T\,, \qquad (4.3)$$

bu yerda P - komponentning parsial bosimi, *Pa*; V - gaz aralashmasining hajmi, m^3; m - gazning massasi, *kg*; R – gaz doimiysi, $J/(kg\cdot{}^0C)$; T - mutlaq harorat, *K*; v - gazning solishtirma hajmi, turli yo‘llar bilan ifodalanishi mumkin: mutlaq namlik, nisbiy namlik yoki namlik miqdori bo‘yicha, m^3/kg.

Mutlaq namlik - *1* m^3 nam havodagi suv bug‘ining massasini tavsiflaydi. *1* m^3 nam havoda suv bug‘ining hajmi ham *1* m^3 bo‘lganligi sababli, mutlaq namlik son jihatdan aralashmadagi suv bug‘ining zichligiga teng deb aytish mumkin p_b, kg/m^3.

Mutlaq namlik bug‘ning hajmli konsentratsiyasidir. Havodagi namlik konsentrasiyasi har xil bo‘lishi mumkin. Suv bug‘ini o‘ziga singdira oladigan havo to‘yinmagan deb ataladi va uni to‘yintirish qobiliyati haroratga bog‘liq. Harorat qanchalik yuqori bo‘lsa, quritish jarayonining harakatlantiruvchi kuchi shunchalik ko‘p bo‘lib, material ustidagi va atrof-muhit havosidagi erituvchi bug‘larining qisman bosimining farqi bilan belgilanadi. Namlik muvozanat holatiga kelguncha materialdan havoga o‘tadi. To‘yingan bo‘lsa, havo namlikni o‘zlashtirmaydi va ortiqcha namlik kondensatsiyalana boshlaydi. Shuning uchun quritish jarayonida havoning to‘yinganlik qobiliyatini bilish juda muhim, bu nisbiy namlik bilan tavsiflanadi.

Nisbiy namlik - bu to‘yinmagan havo yoki gazning suv bug‘lari konsentratsiyasining bir xil harorat va bosimdagi to‘yingan havo yoki gazning suv bug‘lari konsentratsiyasiga nisbati, ya'ni bu berilgan sharoitlarda suv bug‘ining zichligi maksimal mumkin bo‘lgan nisbatidir va quyidagicha belgilanadi - φ. Bir xil harorat va barometrik bosimdagi zichlik:

$$\varphi=\frac{\rho_b}{\rho_s} \tag{4.4}$$

bu yerda p_b - to‘yinmagan holatda bug‘ning zichligi (o‘ta qizdirilgan bug‘), kg/m^3; p_s - to‘yingan holatda bug‘ning zichligi (quruq to‘yingan bug‘), kg/m^3. Havoning nisbiy namligini kichik xato bilan havodagi bug‘ning parsial bosimining bir xil haroratdagi to‘yingan suv bug‘ining parsial bosimiga nisbati bilan ifodalash mumkin.

Havoning nam saqlami. Nam havoning nam saqlami (*d, g/kg quruq havo*) *1* kilogramm mutlaq quruq havo uchun grammdagi suv bug‘ining massasiga teng:

$$d = 1000 \cdot \frac{M_b}{M_h} \tag{4.5}$$

bu yerda M_b va M_h mos ravishda suv bug‘i va quruq havoning massasi, *kg* . Nam havo uchun holat tenglamasidan foydalanib yozamiz:

$$d = 622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_s}{B - \varphi \cdot P_s} \quad (g/kg\ quruq\ havo) \qquad (4.6)$$

B qiymati barometrning ko‘rsatgichi bilan aniqlanadi va to‘yinganlik bosimi (p_s) bilan bir xil o‘lchamga ega bo‘lishi kerak. Havoning nam saqlami nisbiy namlikka, to‘yingan suv bug‘ining parsial bosimiga va barometrik bosimga bog‘liq. To‘yingan havo uchun ($\varphi = 1$), parsial bosim (yoki to‘yinganlik harorati) ortishi bilan gazdagi namlik miqdori ortadi. Barometrik bosim ortishi bilan havoning namligi kamayadi. *100 °C* dan yuqori haroratda $p_s = B$, keyin namlik uchun ifoda quyidagi shaklni oladi:

$$d_{t>100°C} = 622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_s}{B - \varphi \cdot P_s} \qquad (4.7)$$

ya'ni *t>10 °C* da *d qiymati* faqat *φ ga bog‘liq* .

Nam havoning ***issiqlik saqlami*** (I *, kJ / kg quruq havo) d g namlik saqlamini va 1 kg* quruq havoni o‘z ichiga oladi yoki quruq havo va o‘ta qizigan bug‘ning issiqlik saqlami (entalpiyalari) yig‘indisi sifatida ifodalanishi mumkin.

Issiqlik saqlami I odatda *1 kg quruq havoga to‘g‘ri keladi*:

$$I = h_h + h_b \cdot \frac{d}{1000} \qquad (4.8)$$

bu yerda $h_h = 1.006 \cdot t_c$, quruq havoning entalpiyasi , *kJ/kg* (*1,006* - doimiy bosimdagi quruq havoning o‘rtacha solishtirma issiqlik sig‘imi, *kJ/(kg grad); h_b = (2500+1,97 t_s)* - suv bug‘ining entalpiyasi uning *0 °C haroratdagi issiqlik miqdori va 0* ° dan *t* gacha bo‘lgan qizib ketish issiqligi yig‘indisiga teng (*1,97* - o‘ta qizib ketgan suv bug‘ining o‘rtacha solishtirma issiqligi, *kJ / (kg deg). Shunday qilib, nam havoning 1 kg quruq havo* issiqlik saqlami quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$I = 1{,}006 \cdot t_q \cdot h + 0{,}001 \cdot d \cdot (\,2500 + 1{,}97 \cdot tc\,), \quad kJ/kg \qquad (4.9)$$

Ushbu ifodadan ko‘rinib turibdiki, nam havoning entalpiyasi uning harorati va namligining oshishi bilan ortadi.

Shudring nuqtasi harorati nam havoning **xususiyatlaridan biridir.** Bu harorat havoning nisbiy namligini aniqlash uchun ishlatilishi mumkin. Shudring nuqtasi harorati yoki to‘yinganlik harorati nam havo to‘yingan bo‘lishi uchun uni (doimiy namlikda) sovutish kerak bo‘lgan haroratdir. Bunday holda, suv bug‘lari kondensatsiyalanadi va shudring shaklida tushadi ($\varphi=1$). Suv bug‘ining qisman bosimi p_s to‘yinganlik holatidagi bosim p_b ga teng. Shudring nuqtasi harorati suv va suv bug‘ining termodinamik xususiyatlari jadvallaridan to‘yingan havoning qisman to‘yinganlik bosimi p_b harorati sifatida yoki nam havoning *I-d* diagrammasi bo‘yicha aniqlanishi mumkin.

Nam havoning parametrlarini 1918 yilda prof. Ramzin tomonidan taklif qilingan *I-d* diagramma yordamida grafik yo‘li bilan aniqlanadi.

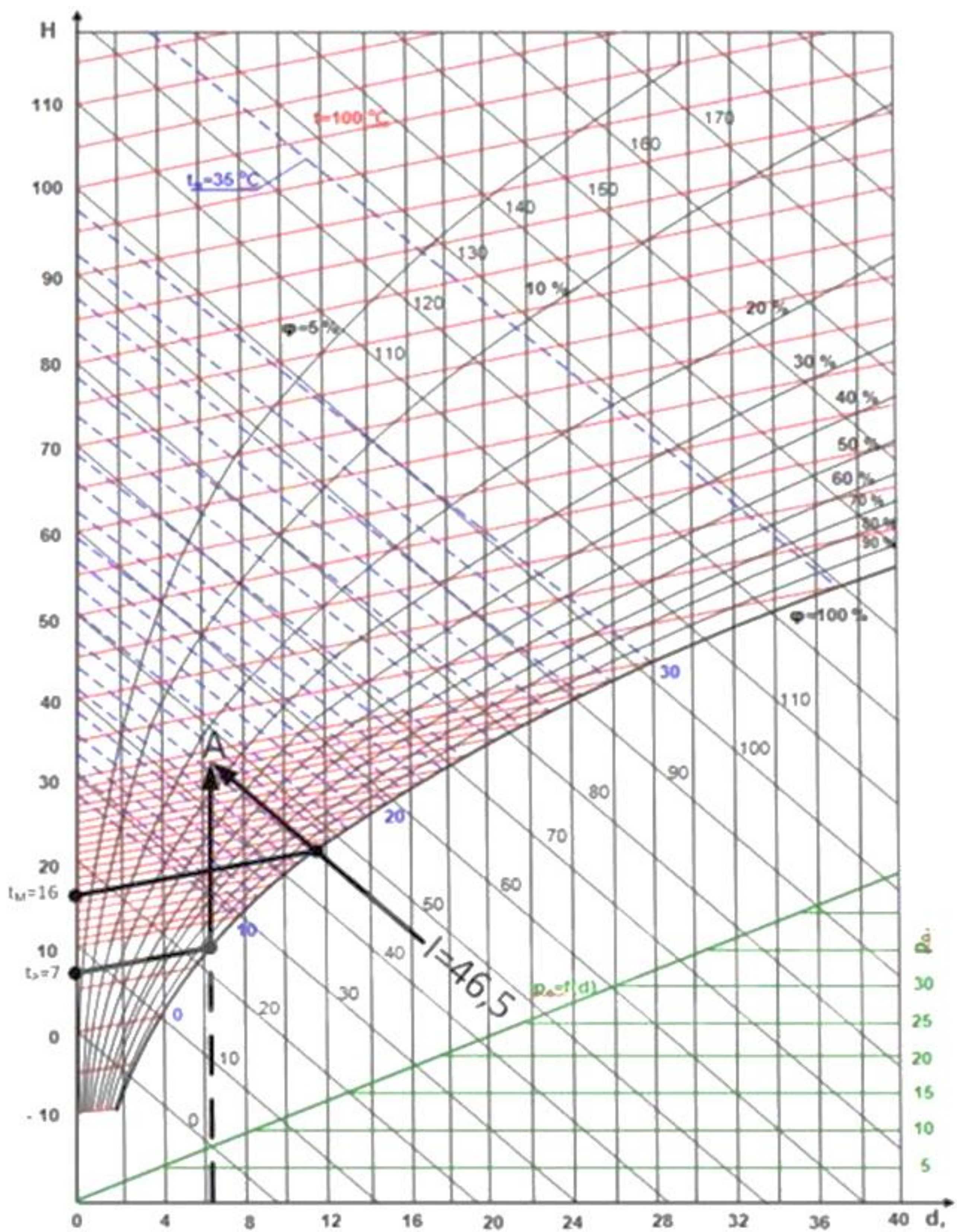
Bu diagrammada ordinata o‘qi bo‘yicha nam havoning entalpiyasi *h (kJ/kg),* abstsissa o‘qi bo‘yicha esa – nam saqlami *d* (*g/kg*) keltirilgan. I-d diagrammasidagi harhil chiziqlar qulayroq joylashishi uchun ordinata o‘qi vertikal, abstsissa o‘qi unga nisbatan 135^0 ga teng bo‘lgan burchak ostida o‘tkazilgan.

Diagrammada o‘zgarmas entalpiya ($h=const$) chiziqlari (ordinata o‘qi bilan 450 burchak hosil qilingan to‘g‘ri chiziqlar), o‘zgarmas nam saqlami ($d=const$) chiziqlari, nam havoning o‘zgarmas harorati ($t=const$) chiziqlari; havoning nisbiy namligi (φ $=const$) chiziqlari ko‘rsatilgan.

Odatda I-d diagramma o‘zgarmas barometrik bosim uchun qurilib, uning yordamida ma'lum t va φ bo‘yicha h hamda d ni aniqlash mumkin. *d* bo‘yicha suv bug‘ining parsial bosimi P_{b} ni diafragmadan t shudring nuqtasini aniqlash mumkin, buning uchun havo holatini tavsiflaydigan nuqtadan φ =100% chizig‘i bilan kesishadigan vertikal chiziq o‘tkazish lozim va shu nuqtadan o‘tgan izoterma shudring haroratini ko‘rsatadi.

Nam havoning isitish (sovitish) jarayonlarini o‘zgarmas nam saqlamida ($d=const$) sodir bo‘ladi. I-d diagrammada bu jarayon vertikal to‘g‘ri chiziq bilan tasvirlangan. Nam havoning sovitish jarayoni faqat havoning butunlay to‘yinishigacha, ya'ni φ =100% gacha bo‘ladi. Havoni yanada sovitish undan namlikning shudring (kondensat) sifatida tushishiga olib keladi.

Kondensatsiya jarayonini φ =100% chizig‘i bo‘yicha boradi, havoning nam saqlami esa $\mathrm{d_1}$ dan d_2 gacha kamayadi deb hisoblash mumkin. Kondensatsiya natijasida hosil bo‘lgan suv miqdori havoning nam saqlami farqiga d_1- d_2 *(g/kg)* teng bo‘ladi.



4.1-rasm. Nam havo I-d diagrammasi

Texnikada nam havoning *I-d* diagrammasi keng qo‘llaniladi. Uning yordamida biron bir jismni quritish jarayonini hisoblash osondir. Quritish uchun foydalanilgan havo materialdagi namni bug‘latadi va o‘zi namlanadi. Quritish jarayoni uchun faqat to‘yinmagan havo zarur va uning boshlang‘ich nam saqlami qancha kam bo‘lsa shuncha yaxshi hisoblanadi.

Havoning *P=const* dagi nam bilan to‘yinish ideal jarayonida havoning issiqligi faqat quritilayotgan materiallardan namni bug‘latishga sarf bo‘lib, atrof muhitga sarf bo‘ladigan issiqlik yo‘qotish va suyuqlikni qizdirishga sarf qilingan issiqlik hisobiga olinmaydi. Bug‘lanishga sarflangan issiqlik esa bug‘ bilan yana havoga qaytadi, ya'ni jarayonda issiqlikning umumiy balansi nolga teng bo‘ladi

Namlikni bug‘latish jarayonida havoning namligi ortib boradi, lekin quruq havoning miqdori o‘zgarmaydi. Unda nam havo tarkibidagi 1 kg quruq havoga nisbatan olinadigan nam havoning entalpiyasi o‘zgarmaydi. Shuning uchun havoning namlanish jarayoni o‘zgarmas entalpiyada sodir bo‘ladi deyish mumkin va bu jarayon *I-d* diagrammada ordinata o‘qiga 450 burchakda bo‘lgan to‘g‘ri chiziq sifatida tasvirlanadi.

II. LABORATORIYA QURILMASINING CHIZMASI VA TAVSIFI



4.2-rasm. Laboratoriya qurilmasi

Havo quvuri 1 ning ichida psixrometr mavjud. Psixrometr ikkita: quruq 2 va ho‘l 3 deb ataladigan simob termometridan iborat. Ho‘l termometr quruqdan farq qiladi, chunki uning simobli uchi suv bilan namlangan mato bilan o‘ralgan. Ko‘rinib turibdiki, nam mato yuzasidan (nam havo to‘yingan bo‘lmasa) suv bug‘lanadi.

Bug‘lanish jarayonida namlikning yo‘qolishi uning suvli maxsus idish 4 dan kapillyar kuchlar ta'sirida oqishi bilan qoplanadi. Ho‘l termometr simobli uchi xatosini kamaytirish uchun kompressor 5 oqim hosil qiladi, havoning tezligi U-simon manometr 7 dagi vakuum o‘lchagichning ko‘rsatkichlariga ko‘ra "Venturi" quvurining sarf o‘lchgichi 6 bilan o‘lchanadi. Barqaror holatga erishilganda (quruq va ho‘l termometrlarning ko‘rsatkichlari farqi vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi), quruq termometr haroratning haqiqiy qiymatini t_{quruq}, nam termometr esa matoning yuzasida suvning bug‘lanish haroratini $t_{ho‘l}$ ko‘rsatadi.

Bir holatdan ikkinchi holatga o‘tish elektr isitgich 8 yordamida havo haroratini o‘zgartirish orqali va atrof muhit parametrlarini o‘lchash simobli barometr 10 va termometr 11 yordamida amalga oshiriladi. Kuzatish natijalari 4.1-jadvalga kiritiladi.

III. TAJRIBA NATIJALARINI HISOBLASH

1. Atmosfera bosimi (*P_{atm}, bar)* ifoda bo‘yicha barometr simob ustunining haroratdan kengayishini hisobga olgan holda topiladi:

$$P_{\text{атм}} = \frac{B \cdot 10^{-3}}{1 + 1.815 \cdot 10^{-4} \cdot t_m} \qquad (4.10)$$

2. Havo o‘lchagichdagi havo bosimining pasayishi (ΔP, *Pa):* $\Delta P = g \cdot \text{H}$, bu yerda $g = 9{,}81\ m/s^2$ ga teng erkin tushish tezlashnishi; H - vakuum o‘lchagichining ko‘rsatkichi, *mm suv ustuni.*

3. Havo zichligi (ρ_h , kg/m^3) havo o‘lchagichning kirish qismida bo‘lgani kabi:

$$\rho_h = \frac{(P_{\text{атм}} \cdot 10^5 - \Delta P)}{R \cdot (t_m + T_0)} \qquad (4.11)$$

bu yerda R - havoning gaz doimiysi, *287 J/kg*K ga teng.

4. Havo sarfi: $G = 0{,}525 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\rho_h \cdot \Delta P}$ kg/*sek* .

5. O‘rtacha oqim tezligi (W, *m/sek*):

$W = \frac{G}{(\rho h \cdot F)}$ tenglama bilan aniqlanadi,

bu yerda *F* - havo oqimi uchun o‘tish qismining maydoni, *0,0177 m²* *qiymatiga teng*.

6. Atmosfera bosimida ko‘rib chiqilayotgan kesimdagi havo zichligi ρ ifoda bo‘yicha:

$$\rho = \frac{P_{atm} \cdot 10^5}{R \cdot (t_{quruq} + T_0)}, \ kg/m^3 . \qquad (4.12)$$

Psixrometrik ifoda bo‘yicha nisbiy namlikni (φ,*%*) aniqlash:

$$\varphi = \frac{P_b}{P_s} = \frac{P_{\text{ho'l}} - A \cdot (t_{quruq} - t_{\text{ho'l}})}{P_s} \cdot 100 \qquad (4.13)$$

bu yerda: $p_{ho'l}$ - o‘lchangan ho‘l termometr haroratida suv bug‘ining to‘yinganlik bosimi; P_b - quruq termometr haroratida suv bug‘ining to‘yinganligi bosimi.

$P_{ho'l}$ qiymatlari va P_s suv va suv bug‘ining termodinamik xossalari jadvallari bo‘yicha yoki mos ravishda harorat $t_{ho'l}$ almashtirilganda takrorlanuvchi polinom ifodasi bo‘yicha topiladi va t_s:

$$p = 610{,}41 + t \cdot (44{,}49 + t \cdot (1{,}143 + t \cdot \left(2{,}67 \cdot 10^{-2} + t \cdot (2{,}61 \cdot 10^{-4} + \ t \cdot 2{,}85 \cdot 10^{-6})\right)) \ , \quad Pa \qquad (4.14)$$

8. Havo tezligining ta'sirini hisobga olgan holda *A tuzatish koeffitsiyenti* quyidagi ifoda bo‘yicha topiladi:

$$A = (65 + \frac{6{,}76}{W}) \cdot P_{atm} \qquad (4.15)$$

bu yerda P_{atm} - atmosfera bosimi, *bar* ; *W* - havo tezligi, *m/sek*.

9. *I-d* diagrammasi bo‘yicha (tarqatma material). Diagrammadagi nisbiy namlikni topish uchun t_q izotermalarining kesishish nuqtasini va $t_{ho'l}$ ni topish kerak. Keyin chiziqlar orasidagi interpolyatsiya orqali φ = *const* holatida *nisbiy namlik %* bilan aniqlanadi. Bundan tashqari, nam havoning *I-d diagrammasiga ko‘ra, izotermik nuqta* bilan topilgan t_q va $t_{ho'l}$ larga

muvofiq: nam saqlami, entalpiya, shudring nuqtasi harorati va nam havodagi suv bug‘ining qisman bosimi aniqlanadi.

10. Havoning mutlaq namligi (ρ_{mut} , *kg/m*^{3}) holat tenglamasi bilan aniqlanadi:

$$\rho_{mut} = \frac{\varphi \cdot P_s}{R_{mut} \cdot (t_q + T_0)} \qquad (4.16)$$

bundan keyin φ - birlik ulushlardagi nisbiy namlik; R_{mut} – suv bug‘ining xarakterli gaz konstantasi *462 J/(kg·*^{0}*C ga teng);* P_{mut} - quruq termometr haroratida suv bug‘ining to‘yinganlik bosimi, *Pa.*

11. Nam havodagi qisman bug‘ bosimi ifoda bo‘yicha: $P_i = \varphi P_s$, *Pa* .

12. Ifodalar bo‘yicha hisob-kitoblar natijalari va nam havoning *I-d* diagrammasidan topilgan natijalar 4.2-jadval (Natijalar natijalari) shaklida takrorlanishi kerak.

4.1 –jadval

Ko‘rsatkichlar jadvali

Nuqtalar	t_q, ^0C	$t_{ho‘l}$, ^0C	*H*, *mm*	*B*, *mbar*	t_m, ^0C
1					
2					
3					

4.2-jadval

Tajriba natijalari jadvali

Nuqta-lar	φ, %	*t*, ^0C	*d*, *g/kg*	$P_{атм}$, *bar*	ρ, *kg/m*^{3}	*h*, *kJ/kg*	ΔP, *Pa*	P_i, *Pa*
1								
2								
3								

5-laboratoriya ishi
IZOLYATSION MATERIALLARNING ISSIQLIK O‘TKAZUVCHANLIK KOEFFITSIYENTINI TEKIS QATLAM USULI BILAN ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Tekis qatlam usuli yordamida materiallarning issiqlik o‘tkazuvchanligini o‘rganish.

2. «Issiqlik uzatilishi» bo‘limining issiqlik o‘tkazuvchanlik nazariyasiga oid bilimlarni mustahkamlash.

3. Furye qonuni va quvur shaklidagi jismlarning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentlarini aniqlash uchun tadbiq etilishini ko‘rsatish.

4. Talabalarda tajriba o‘tkazish malakasini hosil qilish.

I. NAZARIY QISM

Issiqlik o‘tkazuvchanlik issiqlik uzatish usullaridan biridir. **Issiqlik o‘tkazuvchanlik** deb, jism elementar zarrachalarining tebranma harakati tufayli issiqlikning uzatilishiga aytiladi.

Issiqlik o‘tkazuvchanlikning asosiy qonuni – **Furye** qonunidir. Furye qonuniga asosan elementning dF izotermik sirt yuzasidan $d\tau$ vaqt ichida o‘tgan issiqlik oqimi dQ harorat gradiyentiga to‘g‘ri proporsionaldir:

$$dQ = -\lambda gradt \cdot dF \cdot d\tau \qquad (5.1)$$

Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentini eksperimental ravishda aniqlashda, qoida tariqasida, bir o‘lchovli harorat maydonini yaratishga intiladi. Shunday qilib, birinchi turdagi chegara sharoitida tekis, silindrsimon va sferik qatlamlarning bir o‘lchovli harorat maydonlariga nisbatan tenglamasi quydagicha:

$$\lambda = \frac{\chi Q}{t_{d1} - t_{d2}} \qquad (5.2)$$

bu yerda Q - issiqlik oqimi, Vt; t_{d1}, t_{d2} - qatlamning tashqi va ichki yuzalarining haroratlari, K; χ-o‘rganilayotgan namunaning shakli va hajmiga qarab koeffitsiyent, m^{-1}. Tekis (χ_t) va silindrsimon qatlam (χ_s),

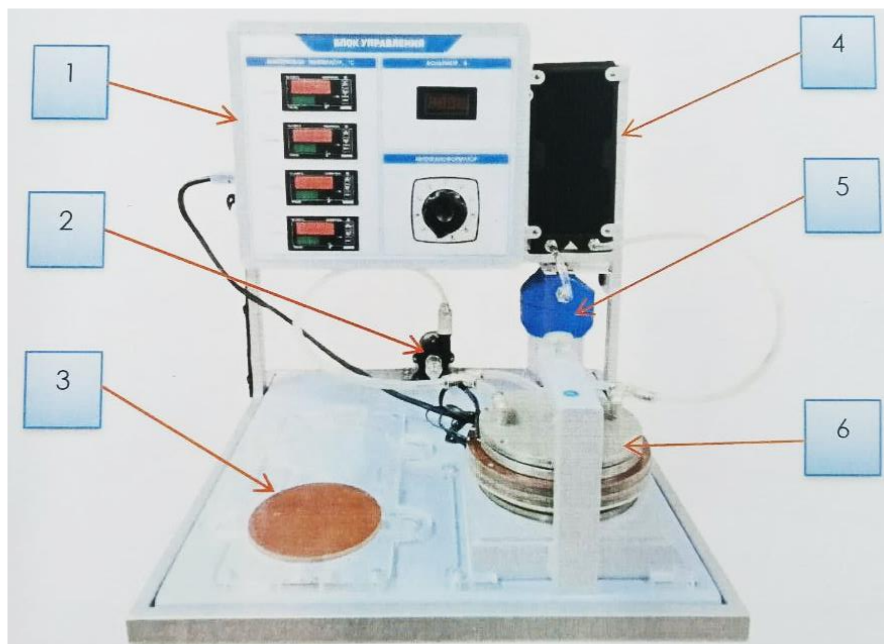
shuningdek shar qatlam (χ_{sh}) uchun koeffitsiyentlar formulalar yordamida hisoblanadi:

$$\chi_t = \frac{\delta}{2F} \tag{5.3}$$

$$\chi_s = \left(\ln\frac{d_2}{d_1}\right)\frac{1}{2\pi l} \tag{5.4}$$

$$\chi_{sh} = \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}\right)\frac{1}{2\pi} \tag{5.5}$$

II. TAJRIBA QURILMASINING BAYONI

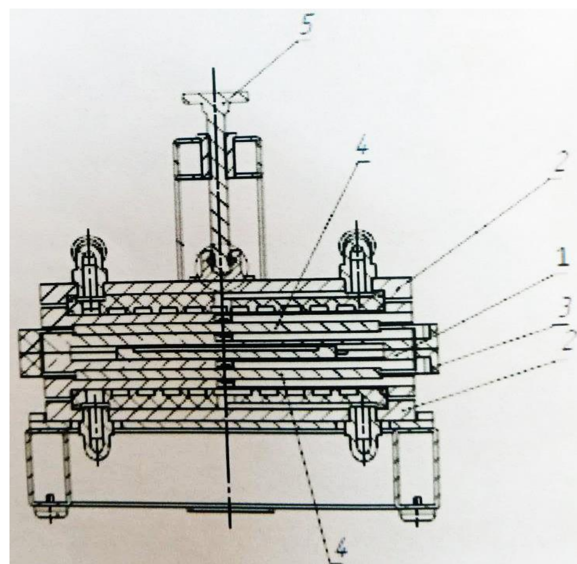


5.1-rasm. Tajriba qurilmasi.

1-boshqaruv va displey moduli; 2-nasos; 3-laboratoriya namunalari to‘plami; 4-issiqlik almashtirgich (havo-suv); 5-suv idishi; 6-issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlash moduli.

Modul ikkita sovutgich va bitta isitgichdan iborat. Sovutgichlar pastda va yuqorida, isitgich esa prefabrik strukturaning o‘rtasida joylashgan. Sinov materialining namunasi (maxsus ishlov berilgan disk) har bir sovutgich va isitgichning mos keladigan tomoni orasiga joylashtiriladi. Sovutgich va isitgichning devorlariga namunalarning mahkam o‘rnatilishini ta'minlash uchun modul vintli qisqich bilan jihozlangan. Haroratni o‘lchash uchun modul harorat sensori bilan jihozlangan.





5.2-rasm. Issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlash moduli va sxemasi: 1-qizdirgich; 2-sovutgich; 3-korpus; 4-material; 5-rezvali vint.

III. ISHNI BAJARISH TARTIBI.

1. Tegishli laboratoriya modulini joylashtirish uchun stendning ishchi yuzasini tozalang.
1.1. Ta'minot idishini toza suv bilan toʻliq toʻldiring.
1.2. Qurilma va uning modullarining barcha vilkalari, kabel va sim ulanishlari yaxshi holatda ekanligiga ishonch hosil qiling.
1.3. Standart elektr vilkasidan foydalanib, stendni kamida 0,5 kVt quvvat bilan ta'minlab, 220V; 50 Hz tarmoqqa ulang.
1.4. Dastgoh elementlarining barcha kalitlari OFF holatida ekanligiga, laboratoriya modullarining simlari va kabellari boshqaruv modulining rozetkalari va ulagichlariga ulanmaganligiga ishonch hosil qiling.
1.5. Boshqaruv blokining oʻng tomonidagi kalit yordamida stendning quvvatini yoqing. Laboratoriya modulini boshqaruv blokining chap tomonidagi ulagichga ulang. 7 ta datchik haroratni koʻrsatishiga ishonch hosil qiling. Stend foydalanishga tayyor.
2. Modulga oʻrganilayotgan namunalarning bir xil disklarini oʻrnating.
2.1. Vintli qisqichni iloji boricha boʻshating (soat miliga teskari burang).
2.2. Ehtiyotkorlik bilan, modul simlarini chalkashtirmasdan, yuqori sovutgichni olib tashlang va uning yoniga (modul ramkasining oʻng yoki chap tomoniga) joylashtiring. Keyinchalik, isitgichni olib tashlang va uni isitgichning boshqa tomoniga qoʻying. Harorat sensorlari va isitgichlarning

simlari, shuningdek, sovutgichlarning gidravlik quvurlari kuchlanishni boshdan kechirmasligiga ishonch hosil qiling.
2.3. Namuna disklarini tanlang va ulardan birini pastki muzlatgichning tegishli joyiga qo‘ying. Ko‘rib turganingizdek, sovutgichlar va isitgichlarda namunani aniq joylashtirish uchun maxsus joylar mavjud. Namunalar aniq teshiklarga joylashtirilishi kerak. Uning ustiga isitgichni joylashtiring. Ikkinchi namunani isitgichga joylashtiring. Yuqori sovutgichni namunaning ustiga qo‘ying va sovutgich va isitgichning teshiklarini namuna bilan tekislang.
2.4. Namunalarni modulga joylashtirib vintli qisqichning o‘qiga va modul ramkasidagi ushlagichlarga nisbatan markazga qo‘ying va qisqichdan foydalanib, qisqich dastagiga maksimal kuch bilan siqib qo‘ying.
3. O‘rnatish yig‘ilgandan va tarmoqqa ulangandan so‘ng, boshqaruv panelining o‘ng tomonidagi stendning quvvatini yoqing. Boshqaruv panelining old qismidagi sensorlarda ko‘rsatilgan haroratni tekshiring. Isitgich va sovutgichni yoqishdan oldin sensorlar xona haroratini ko‘rsatadi.
4. Isitish va sovutishni yoqing. Sovutish boshqaruv panelining chap tomonida faollashtirilgan. Isitishni yoqish uchun avtotransformatorda kerakli kuchlanish qiymatini o‘rnatishingiz kerak. Uskunaning to‘g‘ri ishlashi uchun kuchlanish 100 V ga o‘rnatish kerak.
5. Har 5 daqiqada isitishni yoqqandan so‘ng, harorat sensorlarining ko‘rsatkichlarini yozib oling. 3-4 o‘lchov davomida barcha sensorlarning o‘qishlari amalda doimiy bo‘lishiga ishonch hosil qilib, birinchi rejimni tugating.
6. Boshqa ikkita kuchlanish rejimida haroratni o‘lchash. Natijalarni jadvalda ko‘rsating:
7. Tajribani tugatgandan so‘ng, avtotransformator tugmachasini 0 Vt ga aylantiring, nasos va issiqlik almashtirgichni o‘chiring va stendning quvvatini o‘chiring.

5.1-jadval

Tajriba natijalari jadvali

№	U, B	Termajuftning ko‘rsatkichi							t_i	t_s	$t_{o‘r}$
		t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7			
1											
2											
3											

IV. NATIJALARINI HISOBLASH TARTIBI

1. Ifodalar yordamida namunalarning ichki issiq $\boldsymbol{t_i}$ va tashqi sovuq $\boldsymbol{t_s}$ sirtlarining o‘rtacha haroratini aniqlang:
$t_i = \sum_{i=1}^{4} t_i /4$ – isitgich tomonidagi namunalarning o‘rtacha sirt harorati;
$t_s = \frac{t_5+t_6}{2}$ -muzlatgich tomonidagi namunalarning o‘rtacha sirt harorati.
O‘rtacha haroratni aniqlang:

$$t_{o\prime r} = \frac{t_i+t_s}{2} \qquad (5.6)$$

2. Namunalardan o‘tuvchi Q issiqlik oqimini aniqlang:
bu yerda: $Q_N = \frac{U^2}{R}$ – isitgichning issiqlik oqimi,

$Q_K = \frac{5\pi\lambda_k}{2}\left(\frac{d_i+d_k}{d_k-d_i}\right)(\delta_i + \delta_k)(t_i - t_k)$- korpusdagi issiqlik yo‘qotishlari

$$Q = Q_N - Q_K, \qquad (5.7)$$

6. Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{\chi Q}{t_i-t_s} = \frac{Q\delta}{2F(t_i-t_s)} \qquad (5.8)$$

Bu yerda $\chi = \frac{\delta}{2F}$ – namuna shaklini hisobga oluvchi koeffitsiyent;
δ – namuna qalinligi;
$F = \frac{\pi D^2}{4}$ – namuna sirtining maydoni.
Hisoblash uchun zarur bo‘lgan o‘rnatish parametrlari 5.2-jadvalda keltirilgan.

5.2-jadval

Isitgichning qarshilgik, R	280 Om
Isitgichning diametri, d_i,	0,17 m
Isitgichning qalinligi,δ_i	0,02 m
Namuna diametri, D	0,14 m
Namuna qalinligi , δ	0,005 m

Korpusning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti (material - shisha tolali) λ_k	0,3Vt/(m·K)
Korpusning tashqi diametri , d_k	0,19 m
Korpusning qalinligi , δ_k	0,024 m

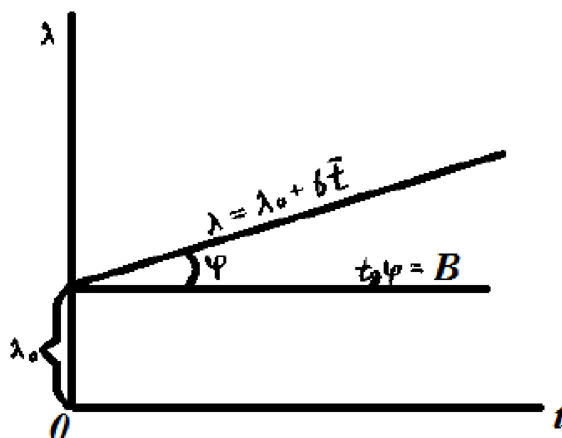
4. Uch holat uchun λ qiymatlarini aniqlab, issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentining o‘rtacha haroratga bog‘liqligini chizing.

$$\lambda = \lambda_0(1 + b \cdot t_{o'r}) \quad (5.9)$$

λ_0 va b koeffitsiyentlarini aniqlash uchun har xil harorat sharoitida kamida ikkita tajribani qayta ishlash natijalarini olish, tenglamalar tizimini yaratish va yechish kerak.

$$\begin{cases} \lambda_1 = \lambda_0(1 + b \cdot t_{o'r1}) \\ \lambda_2 = \lambda_0(1 + b \cdot t_{o'r2}) \end{cases} \quad (5.10)$$

Hamma holat natijalari asosida topilgan λ_1 ,... λ_3 va $t_{1o‘r}$, ... $t_{5o‘r}$ lar asosida, issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentining haroratga bog‘liqlik chizmasi λ –t koordinat tizimida chiziladi.



5.3-rasm. Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentining haroratga bog‘liqlik chizmasi

5. λ_0 koeffitsiyentini 5.3-jadvaldagi turli materiallar uchun mos qiymatlar bilan solishtiring.

5.3-jadval

Material	λ_0, Vt/(m K)
Asbest (p=500 kg/m^3)	0,107
Asbestsement	0,088
Jun mato	0,047
Tekstolit	0,23 – 0,34
Ftoroplastik	0,255

VI. NAZORAT SAVOLLARI

1) Qanday jarayon issiqlik o‘tkazuvchanlik deb ataladi?
2) Furyening issiqlik o‘tkazuvchanlik qonunini yozing.
3) Materiallarning issiqlik o‘tkazuvchanligi qanday omillarga bog‘liq?
4) Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlashning qanday usullarini bilasiz?
5) Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti haroratga qanday bog‘liq?
6) Issiqlik o‘tkazuvchanligini aniqlashda qo‘llaniladigan usulga umumiy tavsif bering.

6-laboratoriya ishi
QUVUR SHAKLIDAGI IZOLATSION MATERIALLARNING ISSIQLIK O‘TKAZUVCHANLIK KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. «Issiqlik uzatilishi» bo‘limining issiqlik o‘tkazuvchanlik nazariyasiga oid bilimlarni mustahkamlash.

2. Furye qonuni va quvur shaklidagi jismlarning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentlarini aniqlash uchun tadbiq etilishini ko‘rsatish.

3. Talabalarda tajriba o‘tkazish malakasini hosil qilish.

I. NAZARIY QISM

Issiqlik o‘tkazuvchanlik issiqlik uzatish usullaridan biridir. Issiqlik o‘tkazuvchanlik deb, jism elementar zarrachalarining tebranma harakati tufayli issiqlikning uzatilishiga aytiladi. Issiqlik o‘tkazuvchanlikning asosiy

qonuni – Furye qonunidir. Furye qonuniga asosan elementning dF izotermik sirt yuzasidan dτ vaqt ichida o‘tgan issiqlik oqimi dQ harorat gradiyentiga to‘g‘ri proporsionaldir:

$$dQ = -\lambda \, \mathrm{gradt} \, dF \, d\tau \qquad (6.1)$$

Bu tenglamani integrallab silindrik qatlam uchun quyidagi ifodani yozamiz.

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} \qquad (6.2)$$

bu yerda: λ – issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti, Wt/m·K;

t_1, t_2 – quvurning ichki va tashqi sirtlarining haroratlari, ^{0}C;

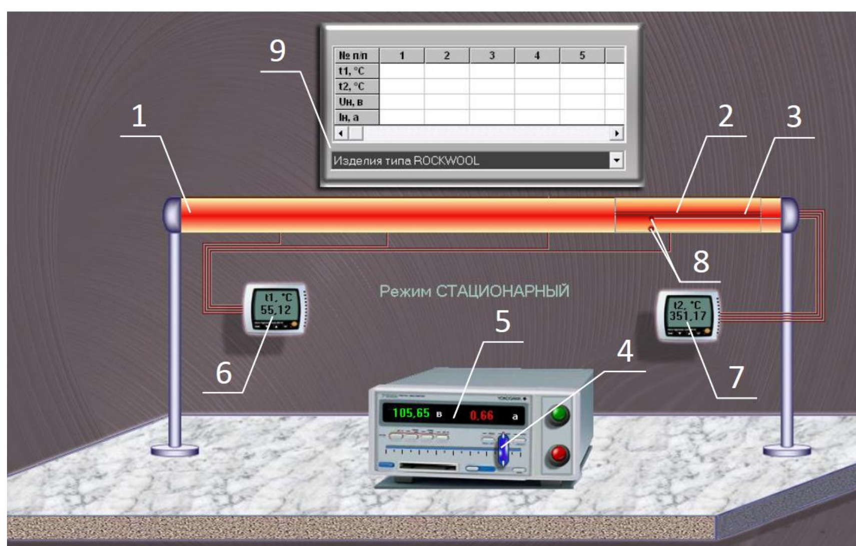
ℓ – quvurning uzunligi, m;

d_1, d_2 – quvurning ichki va tashqi diametrlari, mm.

Agar ℓ, d_1, d_2, t_1, t_2, Q o‘lchansa, (6.2) tenglama orqali issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlash mumkin. Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti vaqt birligi ichida 1 m^2 izotermik sirt yuzasidan haroratlar o‘zgarishi 1^0C bo‘lganda o‘tgan issiqlik oqimiga teng. λ - har xil moddalar uchun har xil qiymatga ega va u moddaning tuzilishiga, hajmiy og‘irligiga, namligiga, bosimi va haroratiga bog‘liq bo‘ladi.

II. QURILMANING CHIZMA TASVIRI VA UNING BAYONI

Tekshirilayotgan material 1 silindirik qatlam ko‘rinishida bo‘lib, uning diametrlari d_1= 0.05 m , d_2= 0.02 m, l=1 ga teng . Ushbu material metal quvur 2 ni tashqi yuzasiga qoplangan va quvurning tashqi diametrdan ancha kattadir. Issiqlik oqimining manbai bo‘lib, elektr isitgich 3 (TEN) hisoblanadi, bu esa ikkinchi quvurni ichiga joylashtirilgan va qurilmani yoqishni taminlovchi blok 5 ga ega bo‘lgan avtotransformator 4 orqali yoqiladi. Boshqaruvchi knopkalar orqali avtotransformator qiymatini oshirib tok kuchi va kuchlanishni qiymatlari aniqlanadi. Izolyatsion materialning issiqlik o‘tkazuvchanligini aniqlash uchun uning ichki va tashqi sirtlaridan 6 va 7 termoparalar orqali haroratini aniqlab olamiz. Barqaror holat, yani t_1 va t_2 haroratlarni o‘zgarmasdan qolish holatiga yetgandan so‘ng, qiymatlarni o‘lchash jadvaliga yoziladi.



6.1-rasm. Laboratoriya qurilmasi

1-izolyatsion material; 2-silindrsimon quvur; 3-elektr isitgich; 4-avtotransformator; 5-tok kuchi va kuchlanish; 6-tashqi termopara; 7-ichki termopara; 8- ichki va tashqi xromel-kopee termojuft simlari.

6.1-jadval

Tajriba natijalari jadvali

№	I, A	ΔU,V	$t_{1o'r}$	$t_{2o'r}$	Q, Wt	$\Delta t_{o'r}$, ^0C	λ, Wt/m·K
1.							
2.							

III. NATIJALARINI HISOBLASH TARTIBI

1. Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentini hisoblash quyidagi ifoda orqali olib boriladi:

$$\lambda = \frac{Q \ln \frac{d_2}{d_1}}{2\pi\, \lambda (t_{1o'r} - t_{2o'r})} \qquad (6.3)$$

2. Issiqlik olinishining quvvati quyidagi ifodadan:

$$Q = I \cdot \Delta U \qquad (6.4)$$

3.Issiqlik izolyasiyaning o‘rtacha harorati:

$$t_{o‘r} = \frac{t_{1o‘r} + t_{2o‘r}}{2} \qquad (6.5)$$

4. Hisoblashni bir necha marotaba amalga oshirish zarur.

5. Olingan qiymatlar orqali masshtabda issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentini o‘rtacha haroratga bog‘liqlik grafigini chiziladi. Grafikdan foydalangan holda haroratni issiqlik o‘tkazuvchanlikka bog‘liqligini ifodalovchi koeffitsiyent - β aniqlanadi. Grafikni qo‘llayotganda uni to‘g‘ri chiziq tenglamasi, ya’ni $\lambda_l = \lambda_0 (1+\beta \ tg\varphi)$ tenglamasi orqali ifodalash kerak bo‘ladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Ishning maqsadini ifodalab bering va unga qanday erishish mumkinligini tushintirib bering.
2. Tajriba qurilmasining asosiy elementlarini va ularni nimaga ishlatilishini aytib bering .
3. Issiqlik o‘tkazuvchanlikni ushbu qurilma yordamida o‘lchash uchun qanday kattaliklarni o‘lchash mumkin?
4. Issiqlik o‘tkazuvchanlik asosida issiqlikni berilishini fizik ma’nosi nimadan iborat ?

7-laboratoriya ishi
HAVONING ERKIN HARAKATLANISHIDA GORIZONTAL QUVURNING ISSIQLIK BERISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Erkin konveksiya sharoitida atrof-muhit havosi bilan har xil shakl va o‘lchamdagi gorizontal quvurlarda issiqlik almashinuvini o‘rganish.

1. Har xil issiqlik uzatish mexanizmlarini aniqlash.

2. Kombinatsiyalangan issiqlik almashinuvining asosiy xarakteristikalarini hisoblash va eksperimental aniqlash.

3. Issiqlik nurlanishi va konveksiya orqali quvurlar yuzasidan uzatiladigan issiqlik miqdorini aniqlash.

4. Gorizontal quvurlarning issiqlik berish koeffitsiyentini va sirtning qorayish darajasini aniqlash.

I. NAZARIY QISM

Issiqlik uzatishning uchta asosiy turi mavjud bo‘lib, ularning har biri o‘zining fizik xususiyatiga ega. Hamda o‘z qonunlari, tenglamalari bilan tavsiflanib, o‘ziga xos hisoblash va eksperimental tadqiqot usullariga ega. Bular: – ***issiqlik o‘tkazuvchanlik***, ***konveksiya*** va ***nurlanish***.

Jismlarning atrof-muhit bilan issiqlik almashinuvi hodisalarida issiqlik uzatishning asosiy uchta turlarining barchasi ko‘pincha bir vaqtning o‘zida harakat qiladi. Qizdirilgan va sovuq zarrachalarning zichliklari farqi hisobiga suyuqlik (gaz)ning harakatlanishi ***erkin harakatlanish*** deb ataladi.

Agar havoda joylashgan quvur qizigan bo‘lsa, havo qiziydi va zichligi kamayadi. Natijada havoning qizigan zarrachalari yuqoriga ko‘tariladi, ularning o‘rnini sovuq havo zarrachalari egallaydi. Havoning harakatlanish tezligi qancha yuqori bo‘lsa, shuningdek devor va atrof-muhit haroratlari farqi qanchalik katta bo‘lsa, uzatilayotgan issiqlik miqdori ham shuncha ko‘p bo‘ladi.

Demak, issiqlik berish birinchi navbatda devor va atrof-muhit haroratlari farqiga ko‘ra aniqlanadi. Bundan tashqari, issiqlik berish jadalligi muhitning fizik xususiyatlariga, qattiq sirtning shakliga, holatiga va boshqa omillarga bog‘liq.

Issiqlik berish koeffitsiyenti Nyuton-Rixman qonuni bo‘yicha aniqlanadi.

$$\alpha = \frac{Q_k}{F(t_{q.s} - t_m)}, \ (\text{Wt/m}^2\cdot\text{K}) \qquad (7.1)$$

bu yerda: Q_k – qizdirilgan quvurdan konveksiya usulida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori, Wt;

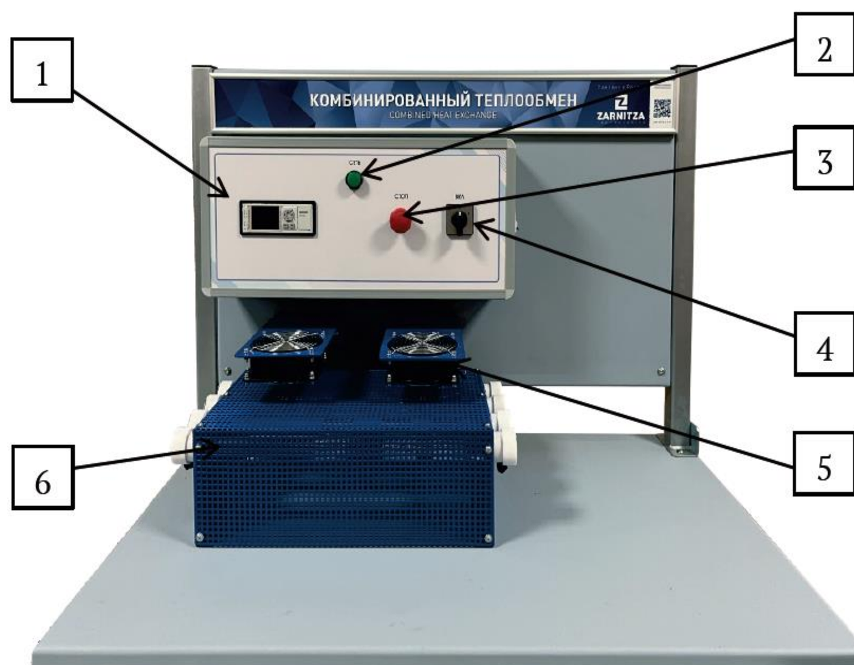
F – quvur sirti yuzasi, m^2;

$t_{q.s}$ – qattiq sirtning o‘rtacha harorati, ^0C;

t_m – muhitning (suyuqlik yoki havo) harorati, ^{0}C.

II. TAJRIBA QURILMASINING BAYONI

Tajriba qurilmasi (7.1-rasm) nisbatan barqaror haroratli xonaga joylashgan. Laboratoriya ishlari 7.1-rasmda ko‘rsatilgan "kombinatsiyalangan issiqlik uzatish" o‘quv va laboratoriya uskunalari to‘plamida amalga oshiriladi.



7.1-rasm. Tajriba (kombinatsiyalangan issiqlik uzatish) qurilmasi
1- Boshqaruv va ko‘rsatish moduli; 2- «СЕТЬ» stendidagi elektr ta'minoti ko‘rsatkichi; 3- «СТОП» stendni o‘chirish uchun favqulodda vaziyat tugmasi; 4- stend quvvat kaliti; 5- sovutish ventilyatorlari; 6- har xil dizayndagi eksperimental modullar (himoya korpusida).

Ushbu tajriba qurilmasida 4 ta quvur mavjud bo‘lib, 1- silliq (sayqallangan) quvur diametri 25 mm; 2- bo‘yalgan quvur diametri 25 mm; 3- quvur diametri 32 mm; 4 - to‘rtburchak shaklidagi quvur 25x25. Quvurlarning barchasini uzunligi 0,5 m ga teng.

III. TAJRIBANI BAJARISH TARTIBI

1. Laboratoriyaning sxemasi va uskunalarning joylashuvi bilan tanishing. Tajriba qurilmasi elementlarining ishlashga yaroqliligini vizual tarzda tekshiring.
2. Tajriba qurilmasini kamida 500 Vt quvvatga ega 220V 50Hz tarmoqqa ulang.
3. Boshqaruv modulining yon devoridagi va boshqaruv modulining old panelidagi kalitni yoqing. "Tarmoq" indikator chirog‘i yashil rangga aylanishi kerak.
4. Boshqaruv va ko‘rsatish modulidan tajriba o‘tkaziladigan quvur tanlanadi va yoqiladi (7.2-arsm).

УПРАВЛЕНИЕ
ТЭН №1 ВЫКЛ
ТЭН №2 ВЫКЛ
ТЭН №3 ВКЛ
ТЭН №4 ВЫКЛ
МОЩНОСТЬ 0 %
ВЕНТ-РЫ ВЫКЛ

7.2-rasm. Boshqaruv panelining bo‘limlari

5. "Quvvat" oynasida quvvatni 15-20% oralig‘ida o‘rnating (7.3-rasm), so‘ngra "OK" tugmasini bosib tanlovni tasdiqlang.

УПРАВЛЕНИЕ
ТЭН №1 ВЫКЛ
ТЭН №2 ВЫКЛ
ТЭН №3 ВЫКЛ
ТЭН №4 ВЫКЛ
МОЩНОСТЬ 50 %
ВЕНТ-РЫ ВЫКЛ

7.3-rasm. Boshqaruv panelining quvvat bo‘limi

6. O‘tish rejimining boshlanishi bilan "Joriy qiymatlar" oynasida displeyda ko‘rsatilgan sirt haroratining o‘zgarishini kuzating. (7.4-rasm)

ТЕКУЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ

TE1	0	°C	TE2	0	°C	TE3	0	°C
TE4	0	°C	TE5	0	°C	TE6	0	°C
TE7	0	°C	TE8	0	°C	TE9	0	°C
TE10	0	°C	TE11	0	°C	TE12	0	°C
			W	0	Вт			

7.4-rasm. Boshqaruv panelining haroratlar bo‘limi

7. Har bir quvurda tajriba o‘tkazganda dastlabgi quvur sovutiladi ventilyator orqali. (7.5-rasm)

УПРАВЛЕНИЕ

ТЭН №1	ВЫКЛ	
ТЭН №2	ВЫКЛ	
ТЭН №3	ВЫКЛ	
ТЭН №4	ВЫКЛ	
МОЩНОСТЬ	50	%
ВЕНТ-РЫ	ВЫКЛ	

ВЫКЛ
ВКЛ

7.5-rasm. Boshqaruv panelining ventilyator bo‘limi

8. Quvur sirtida hosil bo‘lgan haroratlar 1-jadvalga yoziladi va hisob kitob ishlari bajariladi.

IV. TAJRIBA NATIJALARINI HISOBLASH TARTIBI

Tajriba quvuridan atrofdagi havoga konveksiya usulida issiqlik berilishi quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

$$Q_k = Q_0 - Q_n , \qquad (Wt) \qquad (7.2)$$

bu yerda: Q_0 = W – quvur ichidagi elektr isitgichdan ajralgan to‘liq issiqlik miqdori, Wt;

Issiqlik nurlanishi natijasida trubaning sirtidan atrof-muhitga beriladigan issiqlik oqimi Stefan-Bolsman qonuniga muvofiq aniqlanadi: Q_n – quvurdan nurlanish usulida issiqlik miqdorining ajralishi, Wt.

$$Q_n=\varepsilon \cdot C_0 \cdot F\left[\left(\frac{T_{q.s.}}{100}\right)^4-\left(\frac{T_{m.}}{100}\right)^4\right], \text{Wt} \qquad (7.3)$$

bu yerda: $T_{q.s}$, T_m – tajriba quvuri sirtining va atrof-muhitning mutlaq harorati, ε - trubaning tashqi yuzasining qorayish darajasi, ε = 0,066 - silliqlangan sirt uchun, ε = 0,12 - bo‘yalgan sirt uchun. $C_0 = 5.76 -$ keltirilgan nurlanish koeffitsiyenti, Wt/m^2·K^4 ;

Tajriba quvuri haroratini hisoblash uchun uchta nuqtada o‘lchangan qiymatdan o‘rtachasini olamiz.

$$t_{q.s.} = \frac{t_1+t_2+t_3}{3} \qquad (7.4)$$

(7.1) tenglikdan qurilmaning kamida to‘rt holatda ishlashidagi α qiymatini hisoblab, grafik chizamiz.

$$\alpha = f\ (t_{q.s.} - t_s)$$

Olingan grafik bog‘liqlik faqat tadqiqot qilinayotgan tajriba quvuri uchungina o‘rinli. Tajriba natijalarini boshqa quvurlarga ham tatbiq qilish uchun hisoblash natijalarini mezon bog‘liqliklar yordamida umumlashtirish lozim bo‘ladi.

$$Nu_{C,d}=f\,(Gr\cdot Pr)_{C,d}, \qquad (7.5)$$

bu yerda: $Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}$ – Nusselt mezoni;

$Gr = \frac{g\,\beta\,\Delta t\,d^3}{\nu^2}$ – Grasgof mezoni;

$Pr = \frac{\nu}{à}$ – Prandtl mezoni;

λ – havoning issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsiyenti, Wt/m·K;

a – havoning harorat oʻtkazuvchanlik koeffitsiyenti; m^2/s;

ν – havoning kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti, m^2/s;

Δt – haroratlar farqi, ^0C;

$\beta = \frac{1}{t_m + 273}$ – havoning hajmiy kengayish koeffitsiyenti, K^{-1};

g = 9,811 – erkin tushish tezlanishi, m^2/s;

Fizik parametrlar (*λ, a, ν, β, Pr*) 7.1-jadvaldan xonadagi havoning harorati boʻyicha olinadi. Qurilmaning har bir holatiga olingan oʻxshashlik mezonlari qiymatlarini logarifmik koordinatalar sistemasidagi grafikka kiritiladi (7.2-rasm).

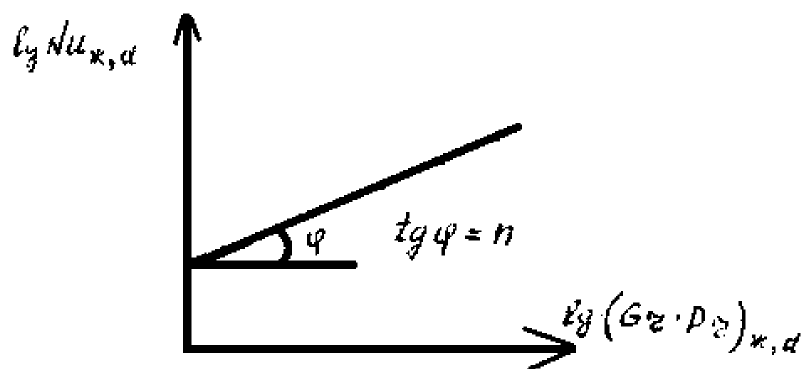
Olingan toʻgʻri chiziq tenglamasi quyidagi koʻrinishga ega boʻladi:

$$LgNu_{c,d}=lgC + nlg(Gr,Pr)_{c,d} \qquad (7.6)$$

n daraja koʻrsatkich toʻgʻri chizisning va abssissa oʻqiga burchak tangensining qiyaligi boʻyicha aniqlanadi, doimiylik C esa toʻgʻri chiziqning istalgan nuqtasi uchun quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

$$C = \frac{Nu_{Ñ,d}}{(Gr\cdot \Pr)^n{}_{Ñ,d}}. \qquad (7.7)$$

$$n = tg\varphi$$



7.6-rasm.

7.1-jadval.

O‘lchangan va hisoblangan parametrlar

№	O'lchangan va hisoblangan parametrlar								
	t_0, °C	t_1, °C	t_2, °C	t_3, °C	$t_{o'r}$, °C	W,Vt	Q_n, Vt	Q_k, Vt	$\alpha, (\frac{Vt}{m^2K})$
Silliq sayqallangan quvur diametri 25 mm									
1.									
2.									
Bo’yalgan quvur diametri 25 mm									
1.									
2.									
Quvur diametri 32 mm									
1.									
2.									
To’rtburchak shaklidagi quvur 25x25 mm									
1.									
2.									

NAZORAT SAVOLLARI

1. Erkin konveksiya haqida tushuncha bering.
2. Issiqlik beruvchanlik qaysi qonunga tegishli?
3. Quvurda erkin harakatlanishda issiqlik berish qanday sodir bo‘ladi?
4. Ishda qanday hisoblar bajarildi?

8-laboratoriya ishi
HAVO ERKIN HARAKATLANGANDA VERTIKAL QUVURNING ISSIQLIK BERISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH.

Ishning maqsadi. Vertikal silindrik quvurning erkin konveksiya nazariyasi bo‘yicha bilimlarni mustahkamlash:



- ■ cheksiz bo‘shliqda erkin konveksiya uchun issiqlik uzatish koeffitsiyentini laboratoriya qurilmasi bo‘yicha eksperimental ravishda aniqlash;
- ■ o‘xshashlik nazariyasidan foydalangan holda eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlash usulini o‘rganish va eksperiment natijalari bo‘yicha mezon tenglamasini tuzish;
- ■ silindrik quvurning balandligi bo‘ylab mahalliy issiqlik uzatish koeffitsiyentining o‘zgarishi egri chizig‘ini qurish.

I. NAZARIY QISM

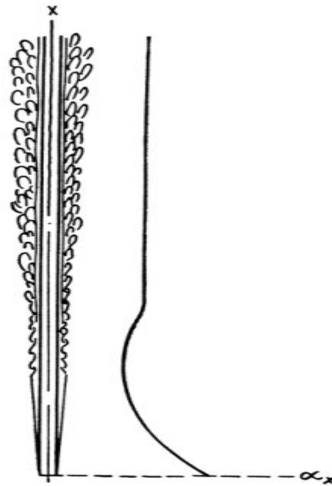
Tabiiy konveksiya sharoitida issiqlik almashinuvi muhitni mahalliy isitish yoki sovutish bilan amalga oshiriladi.

Bugungi kunga kelib, eng oddiy shakldagi jismlar (plastinka, silindr, shar) uchun tabiiy konvektiv issiqlik almashinuvi jismning o‘ziga nisbatan kattaroq o‘lchamdagi bo‘shliqni to‘ldiradigan turli xil muhitlarda to‘liq o‘rganilgan.

Tajriba shuni ko‘rsatadiki, qizdirilgan jismning yuzasiga nisbatan muhitning erkin oqimining tabiati ham laminar, ham qisman yoki to‘liq turbulent bo‘lishi mumkin.

8.1-rasmda katta uzunlikdagi vertikal osilgan isitiladigan quvurda xona havosining erkin harakatlanishi ko‘rsatilgan. Quvurning pastki qismida havoning laminar yuqoriga qarab oqimi kuzatiladi. Quvurning pastki uchidan bir oz masofada havo qatlamlarining harakatlanishi laminar xarakterini yo‘qotadi. Alohida uyurmali shaklidagi massalar oqimlarш

paydo bo‘ladi, ular keyinchalik kichikroq bo‘laklarga bo‘linadi. Isitilgan quvur yaqinidagi ko‘tarilgan havo oqimi devorga yaqin qatlamli laminar bilan turbulent xususiyatga ega bo‘ladi.



8.1-rasm. Katta balandlikdagi vertikal silindr yaqinidagi tabiiy konveksiya sharoitida muhit oqimining tabiati va issiqlik uzatish koeffitsiyentining o‘zgarishi.

Eksperimental ravishda issiqlik uzatish koeffitsiyentini Nyuton-Rixmanning asosiy issiqlik uzatish tenglamasidan aniqlash mumkin:

$$\alpha = \frac{Q}{F \cdot \Delta t},$$

bu yerda Q - atrof-muhitga erkin konveksiya orqali uzatiladigan issiqlik oqimi; F - issiqlik berish sirti; Δt - haroratlar farqi - issiqlik berayotgan devor va atrof-muhit o‘rtasidagi harorat farqi.

Cheksiz fazoda joylashgan turli muhitlarda jismlarning erkin konvektiv issiqlik almashinuvi turli tadqiqotchilar tomonidan eksperimental tarzda o‘rganilgan. Tadqiqot natijalari ushbu hodisaga xos bo‘lgan Nu, Gr va Pr mezonlaridan foydalangan holda umumlashtirildi, bu o‘xshashlik nazariyasi va masalaning analitik yechimiga to‘liq mos keladi.

Suyuqlikning cheklanmagan maydonda vertikal quvur devorlarining issiqlik almashinuvining o‘rtacha mezonlarini hisoblash uchun quyidagi mezon tenglamasi tavsiya etiladi:

$$Nu_m = C \cdot (Gr_m \cdot Pr_m)^n,$$

bu yerda $Nu_m = \frac{\alpha_m \cdot l_q}{\lambda_m} -$ Nusselt mezoni;

$$Gr_m = \frac{g \cdot l_q^3}{\nu_m^2} \cdot \beta \cdot (t_{q.s} - t_h) -$$ Grashof mezoni;

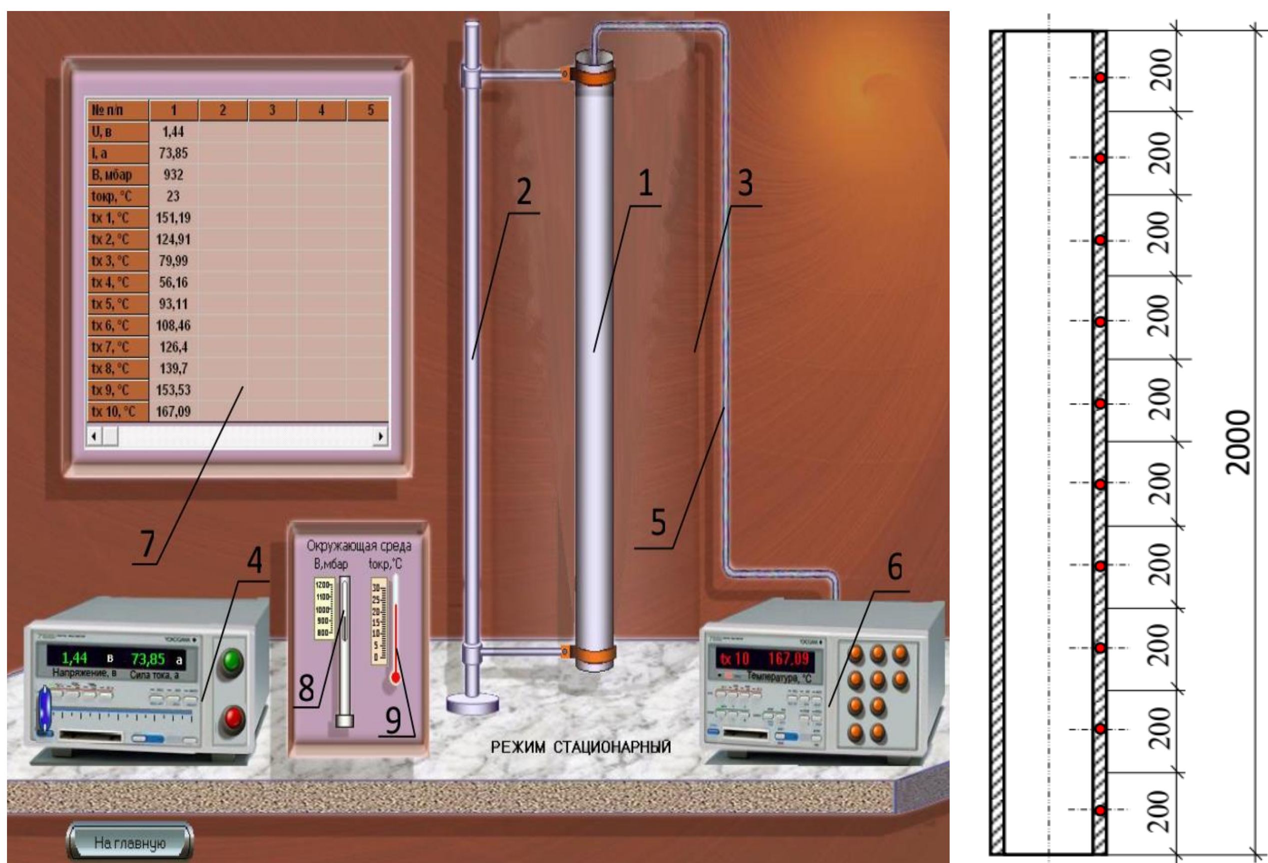
$Pr_m = \nu / a$ - Prandtl mezoni;

C va n - tajribada topiladi va $(Gr_m \cdot Pr_m)$ ga bog‘liq.

O‘xshashlik mezonlarini hisoblashda aniqlovchi harorat oqim harorati $t_{aniq} = t_s = t_{havo}$, aniqlovchi o‘lcham esa quvurning umumiy balandligi $L_{aniq} = h_{quvur}$ sifatida qabul qilinadi.

II. TAJRIBA QURILMASINING CHIZMASI VA TAVSIFI.

Eksperimental laboratoriya qurilmasida (8.2-rasm) issiqlik beradigan devor tashqi diametri d_t = 27 mm va uzunligi l_q = 2000 mm bo‘lgan zanglamaydigan po‘latdan yasalgan yupqa devorli quvur hisoblanadi. Quvur vertikal holatda ikkita kronshteyn bilan ushlab turiladi. Quvurning pastki va yuqori uchlari quvurning ichki bo‘shlig‘i orqali issiqlikni yo‘qolmasligi uchun yopiladi.



8.2-rasm. Eksperimental qurilma va termojuftlarning joylashuvi chizmasi.

Laboratoriya xonasida tasodifiy havo oqimlarining ta'sirini bartaraf etish uchun quvur ochiq uchlari bo‘lgan himoya shaffof silindr 3 bilan jihozlangan. Himoya tsilindrining diametri quvur diametridan ko‘p marta kattaroqdir. Quvurni isitish quvvat manbai 4 dan amalga oshiriladi. Panelda yoqish va o‘chirish tugmalari; avtotransformator; voltmetr va ampermetr mavjud.

Quvur devorining harorati 10 ta xromel-kopel termojuftlari (XKT) yordamida o‘lchanadi, ularning uchlari quvur devoriga o‘rnatilgan. Butun quvur shartli ravishda 10 ta teng bo‘linadi (8.2-rasm). Har bir bo‘linmaning markaziga bitta termojuft o‘rnatilgan. Termojuft raqamlarini quvurning pastki uchidan hisoblanadi.

Termojuftlarning chiqishi quvurning ichki bo‘shlig‘i orqali, so‘ngra kabel 5 orqali yuqori uchi va ko‘p kanalli ikkilamchi qurilma 6 orqali amalga oshiriladi. Qurilmada termojuftlarning sovuq birikmalariga bo‘lgan ehtiyojni bartaraf etuvchi o‘rnatilgan kompensatsiya moslamasi mavjud. Qurilmaning tugmachalarini bosganda, ular avtomatik ravishda 7 jadvalga (mahalliy haroratlar) yozib olinadi.

Atrof-muhit parametrlari panel asboblari tomonidan: atmosfera bosimi - simobli barometri 8 va harorat - termometr 9 bilan qayd etiladi.
Barcha ko‘rsatkichlar faqat barqaror issiqlik uzatish shartlariga erishilganda yozilishi mumkin.

III. TAJRIBA NATIJALARINI HISOBLASH TARTIBI

1. Atmosfera bosimi (P_{atm}, bar) ifoda bo‘yicha barometr simob ustunining harorat kengayishini hisobga olgan holda topiladi:

$$P_{atm} = \frac{B \cdot 10^{-3}}{1+1.815 \cdot 10^{-4} \cdot t_h} \qquad (8.1)$$

bu yerda B va t_h - "Atrof-muhit" panelidagi simobli barometri va termometrning ko‘rsatkichlari.
2. Quvur haroratining o‘rtacha balandligi ifoda bo‘yicha: $t_{o'r} = \frac{\sum_{i=1}^{10} t_i}{10}$, ℃ hisoblanadi.
3. Elektr tokining quvur orqali o‘tishida ajralib chiqadigan issiqlik oqimi quvvati:

$$Q_o = U \cdot I \quad , \; Vt \qquad (8.2)$$

4. Erkin konveksiya paytida issiqlik uzatishning past intensivligini hisobga olgan holda, konveksiya orqali uzatiladigan issiqlik miqdorini hisoblashda issiqlik nurlanishi bilan atrof-muhitga o‘tkaziladigan issiqlik oqimini o‘tish natijasida olingan issiqlikning umumiy miqdoridan quvur orqali elektr tokining, ya'ni $Q_k = Q_o - Q_n \; , Vt$ ayirish kerak.
5. Issiqlik nurlanishi ta'sirida quvur yuzasi orqali atrof-muhitga issiqlik oqimi (Qi, Vt) Stefan-Boltsman qonuni bo‘yicha aniqlanadi:

$$Q_n = \varepsilon \cdot C_o \cdot F \cdot \left[\left(\frac{t_{q.s}+T_o}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_h+T_o}{100}\right)^4\right] \qquad (8.3)$$

bu yerda ε = 0,15 - po‘lat quvur sirtining qoralik darajasi; C_0 = 5,67 - qora jismning nurlanish koeffisiyenti, Vt/(m^2 K^4); F - quvurning issiqlik berish yuzasi, F=0,1696 m^2 ga teng; T_0 = 273,15 - haroratni ° C dan K darajaga o‘tkazish koeffitsiyenti.
6. Tabiiy konveksiyada quvur balandligi bo‘yicha o‘rtacha hisoblangan tajriba issiqlik berish koeffitsiyenti:

$$\alpha_m = \frac{Q_k}{F \cdot (t_s - t_h)} \; , \; \left(\frac{Vt}{m^2 \cdot ℃}\right) \qquad (8.4)$$

7. Nusselt mezoni: $Nu_m = \frac{a_m \cdot l_q}{\lambda}$ (8.5)

8. Grasgoff mezoni: $Gr_m = \frac{g \cdot l_q^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot (t_{q.s} - t_h)$ (8.6)

9. Prandtl mezoni: $Pr_m = \frac{\nu}{a}$ (8.7)

10. Havoning (atrof-muhitning) issiq-fizik xususiyatlariga teng bo‘lgan aniqlovchi haroratda $t_{aniq} = t_h \quad , ℃$

Zichlik: $\rho = \frac{P_{atm} \cdot 10^5}{287 \cdot (T_o + t_h)} \; , \quad \left(\frac{kg}{m^3}\right)$ (8.8)

Issiqlik sig‘imi: $C_p = 1005 + 0.0025 \cdot t_h \; , \quad \frac{kJ}{kg \cdot ℃}$ (8.9)

Hajmning kengayish koeffitsiyenti: $\beta = \frac{1}{T_o + t_h}$, $\frac{1}{K}$ (8.10)

Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti:

$$\lambda = 0.000074 \cdot t_h + 0.0245 \ , \ \frac{Vt}{m \cdot ℃} \quad (8.11)$$

Kinematik qovushqoqlik:

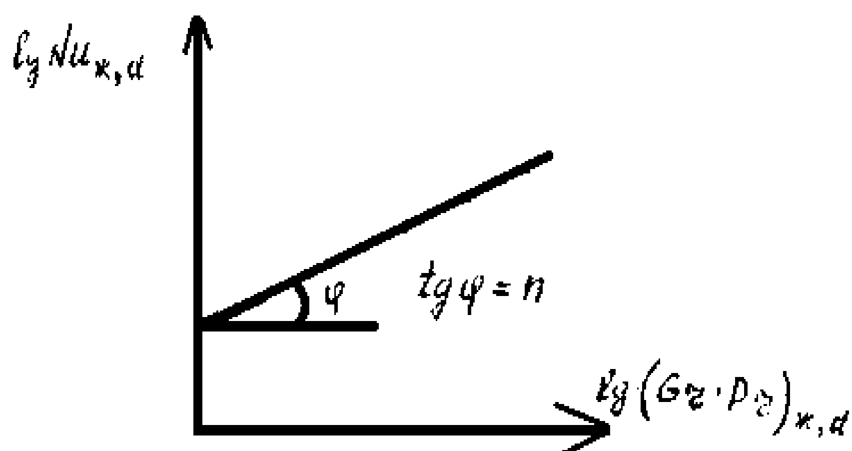
$$\nu = (0.000089 \cdot t_h^2 + 13.489) \cdot 10^{-6} \, , \ \frac{m^2}{s} \quad (8.12)$$

Harorat o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti: $a = \frac{\lambda}{C_p \cdot \rho}$, $\frac{m^2}{s}$ (8.13)

11. Hisoblash natijalariga ko‘ra Nu_m mezonining (Gr_m Pr_m) ga bog‘liqligi grafigi tegishli masshtabda logarifmik koordinatalarda chiziladi va to‘g‘ri chiziq yordamida C koeffitsiyenti va ko‘rsatkich n tenglamadan aniqlanadi:

$$Log(Nu_m) = LogC + n \cdot \log(Gr_m \cdot Pr_m) \quad (8.14)$$

12. Nu_m mezonining (Gr_m Pr_m) ga bog‘liqligi grafigi oddiy koordinatalarda qurilishi mumkin, ammo keyin C koeffitsiyenti va n ko‘rsatkichini aniqlash uchun natijalarni qayta ishlash $Nu_m = C \cdot (Gr_m \cdot Pr_m)^n$ ko‘rinishida bajarilishi kerak.



8.3-rasm. Issiqlik o‘tkazuvchanlikning chiziqli tenglamasining grafigi

8.1-jadval

Asboblar ko‘rsatgichi va natijalari

№	I, A	U, V	B, mBar	t_h, ^0C	t_1, ^0C	t_2, ^0C	t_3, ^0C	t_4, ^0C	t_5, ^0C	t_6, ^0C	t_7, ^0C	t_8, ^0C	t_9, ^0C	t_{10}, ^0C
1.														
2.														

Ushbu natijalar o‘lchab olingandan so‘ng quyidagi 8.2-jadvaldagi parametrlar aniqlanadi.

8.2-jadval

Hisoblash natijalari

№	P_{atm}	$t_{o‘r}$	Q_0	Q_n	α_m	Nu_m	Gr_m	Pr_m	ρ	C_p	ν	$\log(Nu_m)$	$\log(Gr_m \cdot Pr_m)$
1.													
2.													

NAZORAT SAVOLLARI

1. Erkin va majburiy konveksiya haqida tushuncha bering.
2. Quvur sirtidagi issiqlik oqimlarini tushuntiring
3. Vertikal quvurda erkin harakatlanishda issiqlik berish qanday sodir bo‘ladi?
4. Ishda qanday hisoblar bajarildi?

ADABIYOTLAR

1. Koroli M.A., Umarjonova F. Sh., Xoshimova F.A. Termodinamika. Issiqlik texnikasi. darslik. - Toshkent: BOOK TRADE KO, 2022 - 188 b.
2. Mavjudova Sh.S. Termodinamika va issiqlik texnikasi. Darslik, – Toshkent.: Fan va texnologiyalar nashriyoti-matba uyi, 2022 -212 b.
3. Mavjudova Sh.S. Issiqlik texnikasi, O´quv qo´llanma.-Toshkent: O´zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashiriyoti, 2023 – 176 b.
4. Umarjonova F. Sh., Isaxodjaev X. S., Mavjudova Sh. S., Alimova L., O., Axmatova S. R. “Issiqlik texnikasi” fanidan laboratoriya ishlari to‘plami. Uslubiy qo‘llanma. – Toshkent, ToshDTU. 2014-94 b.
5. Uzoqov G‘.N., Qodirov I.N., Isaxodjaev X.S.. Termodinamika. O‘quv qo‘llanma -Toshkent: Voris-Nashiriyot, 2018 – 178 b
6. Zohidov R.A., Alimova M.M., Mavjudova SH.S. Texnik termodinamika va issiqlik uzatilishi fanidan masalalar to‘plami. – Toshkent.: TDTU, 2006 -120 b.

MUNDARIJA

Muharrir: Alimova S.A.

Musahhih: Adilxhodjayeva Sh.M.